

生物資源をめぐる国際情勢の変化に対応した作物遺伝資源の保全 技術の改良とジーンバンク活動の改善に関する研究

白田 和人*

(2009年3月1日受理)

Synopsis

With advances in modern plant breeding improved cultivars have rapidly replaced landraces resulting in genetic erosion. Crop landraces have accumulated a number of favorable genes in the process of the natural evolution and farmer/plant breeder selection. As new cultivar replace old cultivars it is unclear what genes are being lost that may be important in the future. The role of the gene bank is to conserve crop landraces and their wild relatives so that these materials will be available when needed for the present as well as future generations. In this paper, the technological and legal issues related with preservation and use of crop genetic resources are discussed. In addition some issues that still need to be resolved are discussed.

Since the scope of genetic resources was expanded to all species in the global ecosystem, the concept of genetic resources has drastically changed from conservation of seeds to conservation of various plant parts, DNA materials, genetic and genome information. Today the concept of gene bank work encompasses a far broader array of materials than previously.

To cope with the recent scientific and technological advances for preserving and using crop genetic resources, the following improvements are needed in the gene bank activities.

- (1) Enhanced duplication for secure conservation of crop genetic resources.
- (2) More efficient service to offer crop genetic resources with abundant useful information on the germplasm such as characterization and evaluation data.
- (3) Integration of information on where locally preserved genetic resources are stored and by whom within local governments and the private sector.
- (4) Extension of gene bank activity to enable conserved germplasm to be used as experimental materials as part of national intellectual infrastructure.

Key words: CBD, Conservation, Cryopreservation, Gene bank, Genetic resources

* 農業生物資源研究所 研究主幹
〒305-8602 つくば市観音台2-1-2
kazukun@affrc.go.jp

目 次

Synopsis	1
序 論	3
第1章 生物遺伝資源をめぐる史的考察	5
第2章 農業生物資源ジーンバンクの発展と展望	12
第3章 作物遺伝資源の管理・保全技術の改良	32
第4章 栄養繁殖性作物の超低温保存技術の開発	54
第5章 遺伝資源の保全と権利をめぐる情勢変化と意識変革	62
第6章 総合考察	72
謝 辞	79
要 約	79
引用文献	84
Summary	90

序 論

食料や水資源の不足、環境劣化、エネルギー資源の枯渇などは今世紀において解決を迫られる地球規模の問題である。なかんずく食料不足に対応するには、地球環境の保全に十分に配慮しつつ作物の生産力と環境ストレス耐性の飛躍的向上を図ることが重要になる。そのため近年発展のめざましいバイオテクノロジーなどの科学技術を駆使し、多様な遺伝資源を活用し、従来の育種では実現が困難とされた高い水準の生産力やストレス耐性などを備えた画期的な作物品種の開発が必要になる。このような作物育種には、育種素材としての遺伝資源が不可欠になる。とくに、特定の地域で長年栽培されてきた作物の地方品種は、さまざまな地域環境に適応する遺伝子を蓄積しており、貴重な遺伝資源となる。

作物育種の歴史を振り返ると、1950～60年代にメキシコをはじめインドやパキスタンなどのコムギ、また、アジアの国々のイネの収量水準を飛躍的に向上させた緑の革命では、日本のコムギ地方品種「白達磨」を親とする「小麦農林10号」や台湾のイネ地方品種「低脚烏尖」の半矮性遺伝子が大きな役割を果たした。作物の地方品種や近縁野生種が収量、品質、病害虫抵抗性、ストレス耐性などの改良に重要な役割を果たした例は枚挙にいとまがない。作物の地方品種には、長い年月にわたる農民の手による改良により、環境ストレスに耐え地域環境に適応するうえで有利な遺伝子が蓄積されていると考えられる。しかるに、地方品種が失われると、その遺伝子型を再現することは不可能である。

ところで、改良品種の普及、食の高度化・多様化、農産物貿易の自由化などの影響により、地方品種などの有用遺伝資源の消失、いわゆる遺伝的浸食が世界規模で進むようになった。そこで、急速に進む遺伝的浸食を防止するために、国際的協力により作物遺伝資源を収集・保存しようとする動きが活発になり、1950年代以降、国連食糧農業機関（FAO）を中心に国際的活動が強まった。1960年代には、開発途上国における農業生産の発展を目的に、国際イネ研究所（IRRI）、国際トウモロコシ・コムギ改良センター（CIMMYT）などの国際農業研究センターが設立され、それぞれの作物の育種を行うとともに、育種素材となる遺伝資源の収集と保存を実施した。1972年に「かけがえのない地球」をテーマにかかげストックホルムで開かれた国連人間環境会議において、各国政府がFAOと協力し

て世界の遺伝資源を保存するための行動計画に同意すること、遺伝資源のための国際連絡機構を設立することが勧告された。その結果、1974年に国際植物遺伝資源理事会（IBPGR, IPGRIを経て、現在Bioversity International）が設立された。その任務は、植物遺伝資源の探索・収集・保存・特性評価・情報化・利用を促進するために、国際農業研究センターならびに各国の遺伝資源研究機関を結ぶ世界的ネットワークを構築することにあった。国際農業研究センターや世界の多くの国々は、植物遺伝資源の探索・収集に取り組み、収集した貴重な遺伝資源を保全するシステムとしてジーンバンクを設立する動きが盛んになった。1970年代以降、世界のジーンバンク数は急増した。その結果、現在では、圃場保存の約52万7千点を含む600万点余の遺伝資源が世界中のジーンバンクに保存されている（FAO 1996a）。

わが国では、第二次世界大戦後の食料不足を契機にして、イネ、コムギ、ダイズなどの主要農作物の改良をめざして、1950～60年代にかけて育種素材となる地方品種の収集が組織的に実施された。1975年には農業技術研究所（平塚市）に日本で最初の長期貯蔵用の種子貯蔵庫が建設され、同研究所における研究活動が中核となり、農林省の種苗導入事業やその後のジーンバンク事業の展開へと発展してきた。1985年に農業生物資源研究所を中核機関とする農林水産省ジーンバンク事業が発足した。その重要な活動として、世界の多くの国々や国際植物遺伝資源研究所（IPGRI）などの国際農業研究センターの協力を得て、ユーラシア、アメリカ、オセアニアなどの諸大陸にわたり、作物遺伝資源の探索収集が行われてきた。その後、長期保存ならびに中期保存（配布用）用の種子貯蔵施設が建設され、現在では、イネ、麦類、豆類、野菜類などの遺伝資源種子約14万点が保存されている。

作物遺伝資源の保存には、特定の生態系に生息する植物を一括保全する生息域内保存（*in situ* 保存）と、生態系から持ち出し人為的に管理された施設で保存する生息域外保存（*ex situ* 保存）とがある。通常行われる生息域外保存には、低温・乾燥条件下での種子繁殖作物の「種子保存」、圃場栽培による栄養繁殖作物の「生体保存」、人工培養条件下で作物の組織や器官を保存する「培養保存」、および液体窒素を用いて種子や培養茎頂などを保存する「超低温保存」などがある。なお、作物種子の中には、低温・乾燥条件下で安定的に長期保存できる「普通種子」と低温・乾燥条件下で

は保存が困難な「難貯蔵種子」とがある。

ジーンバンク事業では、保存中に起こる不慮の事故や災害による滅失を防ぐため、同一遺伝資源セットを異なる場所で重複保存することがとくに重要である。このため、国内・国際を問わず、異なる機関が協力して重複保存するシステムが必要になる。最近（2008年2月）、ノルウェー領スバルバル群島内に「スバルバル国際種子保管庫（Svalbard Global Seed Vault, SGSV）」が完成した。この保管庫は、地下の永久凍土層に設置され $-20^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ という極低温で保存することができ、種子の貯蔵には理想的な条件とされている。世界各地に散在するジーンバンクでの不慮の事故に対応するためのバックアップ機能を果たすことが期待されている。この施設は約450万点の遺伝資源の収容能力があり、現在までのところ、約150万点の作物種子標本が保存されている（中川原 2008）。

栄養繁殖性の永年性植物では、異なる場所の圃場における重複保存ならびに組織培養保存が行われている。現時点では、植物遺伝資源の長期保存には液体窒素を用いた超低温保存が最も適した保存法として注目され、世界各国で超低温保存法の開発が進められ、一部の種類の作物では、超低温保存の実用化が進んでいる。しかし、すべての植物種に共通な超低温保存法は未だ開発されておらず、作物ごとに効果的な保存技術の開発が必要である。

筆者は、困難の多い栄養繁殖性作物遺伝資源の超低温保存技術の改良を図るため、クワやイグサなどの超低温保存法の開発を試みるとともに、種子についても、安定した超低温保存の可能性について検討した。

ところで植物遺伝資源の重要性が広く認識されるようになった1980年代に入ると、FAO加盟の開発途上国から、植物遺伝資源の交換と利用が自由になされるようにすべきとの意見が出されるようになった。1983年11月のFAO第22回総会では、「植物遺伝資源に関する国際的申し合わせ（International Undertaking on Plant Genetic Resources, IUPGR）」（以下、FAO申し合わせ）が成立するとともに、その実施のために「植物遺伝資源委員会」の設立が議決された。「FAO申し合わせ」では、「植物遺伝資源は人類の共有財であり、原則無制限で利用できる」との基本理念に基づくものであった。

しかしながら、やがて、作物遺伝資源を利用する先進国側では新たに育成される品種の権利、すなわち「育成者権」が認められるようになると、豊かな遺伝

資源を保有する途上国側からは、地方品種などの成立に寄与した「農民の権利」を認めるべきとの主張がなされるようになった。こうして、遺伝資源保有国（主に熱帯の発展途上国）と遺伝資源利用国（主に冷温帯の先進国）との間で南北対立が顕わになった。

これらの情勢を踏まえて、1989年の植物遺伝資源委員会では、「農民の権利」の概念を支持する決議案を可決した。「農民の権利とは、過去および現在にわたる植物遺伝資源の保全、改良、利用に対する農民の貢献に由来する権利」と定義された。その後、地球環境の劣化対策として1992年に議決された「生物多様性条約（Convention on Biological Diversity, CBD）」では、遺伝資源の原産国に対して主権の権利を認め、事前同意と相互合意に基づき作物遺伝資源へアクセスが可能となるとともに、その利用により生ずる利益は公正かつ衡平に遺伝資源の提供者に配分を行うこととされた。こうして、FAO申し合わせとCBDとの間には齟齬が生じた。

1993年には、「FAO申し合わせ」とCBDとの間の齟齬を解消する国際交渉が開始された。この交渉は植物遺伝資源委員会を発展的に改組した食料農業遺伝資源委員会によって進められ、従来の「FAO申し合わせ」に替わる新しい「食料農業植物遺伝資源条約（International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, ITPGR）」が2001年11月のFAO総会において採択された。この条約では、「持続的農業の発展と食料安全保証のために、CBDと調和させつつ国際的共通のルールの下で食料農業植物遺伝資源へのアクセスの促進と利益配分を図る多国間システムを構築し、食料農業植物遺伝資源の保全と持続可能な利用、さらに、その利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分を行う」ことが定められた。この条約が適用されるのは、35種類の作物および29属の牧草類である。これらの作物遺伝資源へのアクセスは、多国間共通のルールに基づき標準材料移転契約（Standard Material Transfer Agreement, SMTA）を用いて行われる。このような情勢変化に伴い、1994年以降、作物遺伝資源に関する共同研究や国際的なやり取りの手續きが煩雑なる一方で、作物遺伝資源の国外への持ち出しや共同探索・収集を制限する国が増加している。

このような植物資源や作物遺伝資源をめぐる権利意識の変遷や国際情勢の変化の下では、資源保有国と資源利用国との間の利権を巡る対立を緩和するために、遺伝資源の保全と持続的利用に関する技術開発および

それに伴う利益の公正な配分に関して、国際的な理解を深めることが急務となった。したがって、わが国における作物遺伝資源に関する活動を持続的に発展させていくには、遺伝資源をめぐる国際動向を十分に把握し、適切に対応していくことがきわめて重要になると考えられる。

半世紀にわたる科学技術の発展、とりわけ、バイオテクノロジーの急速な進歩により育種素材となる作物遺伝資源の範囲が全生物種に波及するとともに、作物遺伝資源の保全・利用技術も飛躍的に進歩した。そのため、作物遺伝資源の保全と持続的利用に関する技術的進歩と権利意識の高まりにより、作物遺伝資源の管理・保全システムとしてのジーンバンクのあり方や活動の改善が必要になってきた。

著者は、長年にわたり農業生物資源ジーンバンクの運営に携わり、栄養繁殖性木本作物の効果的な長期保存技術の開発に取り組むとともに、CBDやITPGRの発効に伴う国内の法制的整備に必要な情報の収集と整理の任にあたってきた。

そこで本論文では、作物遺伝資源の探索、収集、保全、利用をめぐる国内外の情勢を概観し、農業生物資源ジーンバンク活動の現状を踏まえ、作物遺伝資源の保全と持続的開発のあり方を展望する。とくに、ジーンバンク活動の改善を図るために実施した普通作物種子の長期保存ならびに栄養繁殖性木本作物の効率的保存に関する技術開発の結果を述べる。さらに、生物多様性条約発効に伴う生物資源に対する権利意識の高揚に対応して、作物遺伝資源の保全と持続的利用のためのジーンバンク活動の改善方策について論ずる。

第1章 生物遺伝資源をめぐる史的考察

近代農業の発展に伴い、高収量性、機械化適性、高品質性、加工適性、消費需要の動向に応じた品種改良が進み、性能のすぐれた品種が育成され広く普及するようになってきた。その結果、日本などの先進諸国のみならず、開発途上国を含め世界的規模で多様な地方品種が消失し、優良特性を備えた改良品種による寡占化が急速に進展してきた。その結果、少数の品種（特定遺伝子型）への依存傾向が強まり、遺伝的画一化が進む結果となった。とりわけ、近代的な改良品種の導入や集約的農業の発展に伴い、地域環境に適応性をもち多様性に富む地方品種が急速に失われていった（池

橋 2000）。たとえば、耐旱性に優れたソルガムの起源地とされているエチオピアなどでは、トウモロコシの導入と一代雑種品種の普及により、ソルガムの栽培面積が急減しているといわれている。トマトの起源地であるペルーでは、山羊の放牧拡大に伴い、多種類の病害に抵抗性を持つトマトの野生種が相当失われたことが報告されている。さらに、北アフリカのモロッコや近隣諸国では、過放牧により幾多の在来牧草種が消失の危機にあるとされている（菊池 1999）。

このように地方品種や野生種の遺伝的多様性が失われる現象を遺伝的侵食（genetic erosion）と呼び、国際植物遺伝資源理事会（IBPGR）（1986）によると、遺伝的侵食の要因には、人間活動に伴う予測可能な要因と自然災害などの予測不可能な要因とがあり、遺伝的侵食の防止を広く世界に呼びかける必要性が高まった。

農作物の地方品種は、農耕発祥前の栽培化に伴う無意識的選抜も含め1万年以上にわたり農民により選抜され、多様な地域環境に適応した結果、病虫害抵抗性や種々の環境ストレス耐性など農業上有用な貴重な遺伝子を持っていることが、さまざまな作物で明らかにされている（田中 1975）。

本章では、新規植物資源の探索が目的であった近世ヨーロッパにおけるプラントハンターの時代から、新大陸移住に伴う農作物遺伝資源の導入の重要性が広く認識され始めた17世紀以降、農作物遺伝資源の探索、収集、管理、保全をめぐる活動の変遷と遺伝資源をめぐる概念の変化について史的に概観するとともに、農作物遺伝資源の多様性と保全への取り組みの意義と重要性について論考する。

1. 近世ヨーロッパにおけるプラントハンターの活躍と新植物資源の探索

人類史上で狩猟採取生活から農耕生活への転換は、人口扶養力の飛躍的向上と時間的余裕を作り出し、文明を築く大きなきっかけとなった。狩猟採取生活の時代には、1,500種以上もの野生植物が食料資源とされたが、農耕生活のはじまりとともに、有望な野生種の選定と栽培化により、およそ500種の植物が食料作物として栽培されるようになった。その後、さらに栽培しやすい植物の選択、栽培化シンドロームの発達、栽培者による無意識的選抜などにより、栽培植物の選択と改良が進み、現在栽培される主要作物は約80種とさ

れている。

コムギやオオムギは、およそ1万年前にイランやトルコなどの中東地域において栽培化され、紀元前3000年頃には、全ヨーロッパに広がったといわれている(阪本1989)。古代エジプトでは、珍しい植物資源を求めて、紅海やアデン湾まで船出して、防腐効果のあるシナモンや桂皮を入手し、中世には北ヨーロッパ全域で薬草類の探索等が盛んに行われるようになった。

15世紀に入ると、イギリスでは組織的な植物探索隊が編成され、フランスやロシアなどへ出向き、植物資源の収集が盛んに行われた。その結果、ギリシャ時代の植物分類体系を凌ぐ植物学上のルネッサンスが起こり、豊富なさく葉標本に基づいた植物系統学が発展するきっかけとなった。現存する最古の植物園は、16世紀にイタリアで創設されたピサとパドヴァの植物園であり、ほとんどハーブを栽培し研究する薬草園であった。植物学の黄金時代といわれる18世紀に入ると、スウェーデンの植物学者で植物学名の命名法を創始したリンネ(Carl von Linné)をはじめとする多くのプラントハンターが活躍し、世界各地で植物資源の探索が行われた。

近世ヨーロッパのプラントハンターたちは、自国にはない有用で珍しい植物資源を求めて活躍した。彼らは、植物種ごとに数個体程度の収集にとどめ、植物集団の遺伝的な多様性にはほとんど配慮しなかった。収集された植物標本は、植物園や薬草園に栽植され、あるいはさく葉標本として保存するに留まり、大量増殖して利活用するには及ばなかった。

15、16世紀には、プラントハンターたちの活躍により、イギリスにはアルファルファ、ジャガイモ、ライラック、ジャスミンなど、オランダにはアネモネやアイリス等の球根が導入された(鵜飼2005)。未知の植物を求めるプラントハンターたちの活躍により、世界各地、とくに熱帯地域や新大陸から多くの植物資源がヨーロッパにもたらされた。イギリスでは、国王付植物学者に任命されたバートラム(John Bartram)が北米のジョージアやフロリダ州付近を探索し、バンクス(Joseph Banks)はエンデヴァー号に乗って、タヒチ、オーストラリア、ニュージーランドなどを回って植物資源探索を行った。18世紀に開設されたキュー植物園では、カルカッタ植物園(インド)、ペラデニア植物園(スリランカ)、シンガポール植物園(シンガポール)、メルボルン植物園、アデレード植物園

(オーストラリア)などイギリス植民地の植物園を通じて、植物資源の生標本を世界中から集めて保存し、1,000万点近いさく葉標本を作成・保存した。さらに、キュー植物園では、新たな産業資源植物の探索と導入を図るとともに、探索地域の植物相の研究を行い、植物誌なども編纂した(小山1984)。

建国して日の浅いアメリカ合衆国では、大農場主の家に生まれ、第3代合衆国大統領となったジェファソン(Thomas Jefferson)がフランス公使時代に、牧草、穀類、野菜などの種子やオリーブや果樹の苗木を本国に送っているほか、大統領に就任後も各州の農業協会に対して、積極的に世界の植物を導入して栽培を試みるよう呼びかけた。これらの農業協会は、やがて農業試験場へと発展し、今日の合衆国における農業研究の中核を担っている。ジェファソンは、「国家に対する最大の貢献は、有用な植物を加えることである」という有名な言葉を残した。ニューヨーク植物園もイギリスの流れを汲み、南アメリカ全土の探索や19、20世紀にはアジアや中国の探索を行い、多くのアジアの植物標本を収集・保全した。

2. 新世界および外国からの作物導入

1492年のコロンブス(Christopher Columbus)の新大陸発見は、歴史上の大事件であったが、栽培植物の伝播と分布の上にも大きな変化をもたらした。すなわち、ジャガイモ、トウモロコシ、トマト、トウガラシ、サボテン、タバコなどの中央アメリカや南アメリカのアンデス原産の植物がヨーロッパやアジアにもたらされた。現在、私たちの日常の食卓を飾るトウモロコシ、ジャガイモ、サツマイモ、インゲンマメ、カボチャ類、トマト等多くの食用作物が新大陸原産である。

新大陸からの作物導入とは逆に、ヨーロッパなどから多数の栽培植物がアメリカ大陸に導入された。とくに、1783年に独立したアメリカ合衆国は、今でこそ世界市場を席卷する農業大国であるが、北アメリカ大陸原産の食用作物はきわめて少ない。そこで、アメリカ合衆国は建国以来、農務省(USDA)に植物導入局が設置され、海外からの植物資源の収集と導入に力を注いだ。その結果、現在では世界最大の遺伝資源保有国となり、National Plant Germplasm System (NPGS)には、45万点以上の植物遺伝資源がコロラド州フォートコリンの国立遺伝資源保存センター(National

Center for Genetic Resources Preservation, NCGRP)をはじめとする機関に保存されている (USDA - ARS 2008)。

わが国においても、明治初期、現在の新宿御苑の場所に勸業寮試験場が設けられ、その付属施設として三田育種場が作られ、地方品種の収集や海外から導入された品種の比較栽培試験が盛んに行われた。三田育種場の初代場長前田正名は、農業振興における品種改良の重要性を強く認識し、「育種」という用語を試験場の名前に入れた。三田育種場で栽培された作物は、彼が7年間滞在したパリから持ち帰った多種類の穀物、蔬菜、果樹、花木などであった。さらに、海外からの種苗の導入や種苗交換などを進め、特性や適応性の優れた導入品種の増殖と普及を目指した。この時期に海外から導入された多数の作物品種のなかには、実用品種として普及したものも少なくない。たとえば、明治5年(1872年)には、「紅玉」や「国光」を含むリンゴ75品種がアメリカから導入された。また、フランスから「デラウェア」(1882年)、アメリカから「キャンベルアーリー」(1892年)などのブドウ品種、さらに、レモン、ポンカンなどの柑橘類、バレイショ、キャベツ、タマネギ、トマト、メロンなど多く種類の野菜類が明治時代に導入された。

19世紀後半に始まった遺伝資源の収集や海外からの種苗導入の目的は、新たな植物資源の探索とともに農作物品種の育種素材の開発にあり、できるだけ多くの遺伝資源を収集・保全し、利活用を図るようになってきた。

3. ヴァヴィロフの多様性中心説と栽培植物の起源

ソ連の植物学者ヴァヴィロフ (Nikolai Ivanovich Vavilov) は、栽培植物の地方品種の地理的分布を研究するために、1924年から1933年にかけて、ソ連国内はもとより世界の60余ヶ国にわたり、栽培植物の地方品種の探索収集を精力的に行った。1929年には日本を訪れた。世界各地から収集した栽培植物の品種や系統の採集地を地図上にプロットし地理的分布を丹念に調査した。その結果、栽培植物ごとに多様性の中心が特定地域に局在していることを明らかにした。これらの地域を「多様性中心」と名付けた。これらの多様性中心地域は、遺伝資源の宝庫であり、優先的に探索すべき重要地域とした。同時に、これらの多様性中心地域を栽培植物の起源地とみなし、これらを「起源中心」

と呼んだ。1926年の論文「栽培植物の発祥中心地」では5地域、1940年の「栽培植物発祥に関する諸学説」では、新たに2地域を追加し7地域とし、最終的(1951年)には栽培植物の起源中心として、8センターと3サブセンターを提案した(田中 1975)。これらの多様性中心地域を決めるにあたり、それらの中心の周辺地域における地方品種数の変化を調べ、「地理的微分法」という独自の解析手法により多様性中心地域を確定した。

ヴァヴィロフによって明らかにされた栽培植物の多様性中心地に関する情報は、遺伝資源の探索と収集にとって、とくに重要である。ヴァヴィロフによると、作物の多様性中心は熱帯地域に偏在し、北緯20~40度の間にあり、とくに山岳地帯に集中しているとした。その理由として、山岳地帯は多様な環境をもち、多様な品種分化が起こる条件が整っているとともに、多様な品種の保全にも有利であるとみられた。たとえば、高度差による温・湿度の変化が多様な生態域を提供すること、また、複雑な地形が地理的隔離に有利に働くことなどにより、種分化を促進するとした。また、8大中心地のうち、5センターがユーラシア大陸、1センターがアフリカ大陸、そして、2センターがアメリカ大陸に分布する。新大陸起源の作物のうち、ジャガイモ、サツマイモ、トウモロコシなどは、多様な環境に適応して、世界中に広く栽培されるようになった。

ヴァヴィロフの研究では、作物の地方品種の表現形質の変異をベースにして多様性分析が行われた。今日では、アイソザイムやDNAの多型などを用いる分子生物学的方法により、農作物品種の多様性の解析ができるようになった。両者の解析結果は、整合性が高く、表現形質と分子多型の解析により導かれる結論が極端に矛盾することは少ない。

4. ハーラン (Harlan) の遺伝子プール概念

ハーランら (Harlan and deWet 1971) は、品種改良のための遺伝子供給源として「遺伝子プール」という概念を提唱した。育種素材としての活用の難易の観点から生殖的隔離の程度に基づいて、第一次遺伝子プール、第二次遺伝子プール、第三次遺伝子プールに分けた。

第一次遺伝子プールには、栽培種内の品種や祖先野生種などが含まれる。この第一次プール内では遺伝子の移行が容易であり、交雑により正常な子孫が得られ、

いわゆる生物学的「種」の範囲に入る。特定の地域で長年にわたり栽培されてきた地方品種、改良品種、ならびに近縁祖先種などが含まれる。

第二次遺伝子プールの遺伝資源は、作物種への遺伝子の移行がやや困難であり、雑種子孫には不稔や弱勢、染色体不対合等の異常が生じやすい。そこで、第二次プールの素材から作物ゲノムに効率よく有用遺伝子を移行させるために、戻し交雑育種法が用いられる。たとえば、1845年には、アイルランドでジャガイモ疫病が大流行して、大きな飢饉を招いた。そこで、疫病抵抗性遺伝資源が近縁野生種 (*Solanum demissum*) に求められ、遠縁交雑による抵抗性育種のきっかけとなった。栽培種と近縁野生種との交雑により雑種植物が作られても、野生種の有用遺伝子を栽培種のゲノムに導入して順調に発現させることは一筋縄にはできなかった。一般に、種間のゲノムの差異が大きいほど染色体対合が起こりにくく、野生種の遺伝子を栽培種に導入することが難しくなる。それを打開する方法として、シアーズ (Sears 1956) による染色体転座利用による異種遺伝子の導入の技術が開発された。最近話題になっているネリカ (New rice for Africaの略称) の母本となったアジアイネ (*Oryza sativa*) とアフリカイネ (*O. glaberrima*) は、互いに第二次プールに属するために、交雑胚を胚救済技術により育成した (池田 2002)。

第三次遺伝子プールの遺伝資源は、作物種との交雑が難しく、交雑できても雑種胚が順調に生育できない。このため、胚培養などによる胚救済が必要となる。胚救済により生育する雑種植物は、不稔になったり致死したりする場合が多く、育種利用にはかなりの困難を伴う。栽培種には存在しない病害虫抵抗性などの貴重な遺伝子が野生種に含まれることがあり、第三次プールの遺伝子を栽培種に導入する必要があることも少なくない。

第三次プールに分類される遠縁野生種との間においても、その遺伝子を栽培種に導入しようという試みがいくつかの作物で成功した。たとえば、受精はしても雑種胚の発育が順調に進まず、雑種子を形成しないことが多い。そこで、幼胚を切り出して人工培地で培養することにより、雑種胚の発育を助長し雑種植物を得る「胚救済」の技術が開発された。

ところで、近年、組換えDNA技術のめざましい進展により、バクテリアの遺伝子を組込んだ耐虫性トウモロコシや除草剤耐性ダイズなどの組換え農作物が1

億ヘクタール以上もの面積で栽培されている。これらの組換え農作物の例にも見られるように、バクテリアをはじめとする全生物種の遺伝子が農作物の改良に活用できる時代になった。すなわち、地球生態系のすべての生物種が遺伝資源となる。生物多様性条約 (CBD) では、遺伝資源とは、「現実的または潜在的な価値を有する遺伝素材」としており、「遺伝素材」とは「遺伝の機能的な単位を有する植物、動物、微生物その他に由来する素材」と定義づけている。したがって、全生物種の遺伝子がことごとく遺伝資源としての可能性をもつと考えられる。

5. 育種技術の発展に伴う遺伝資源の概念の拡大

農作物育種では、農業者や消費者の需要に応えるべく作物ゲノムの構成を遺伝的に改良する。育種目標の達成に必要な第一歩は、育種素材となる遺伝子供給源、すなわち遺伝資源の多様性を確保することにあるといえる。

日本列島は中緯度に位置して四季の変化があり、南北に長く標高差もあり、植物の生育環境が多様性に富むが、いずれの遺伝子中心地域にも含まれず、日本在来の農作物は皆無に近く、時期は異なっても、主要農作物のほとんどは、海外から導入されたものである。

わが国では、明治時代に組織的な育種事業が開始されて以来、時代の要請に応じて多くの新品種が育成・普及されてきた。この過程で海外から導入された遺伝資源を利用して品種育成に成功した例として、古くは台湾から導入された陸稲品種「戦捷」のいもち病抵抗性を水稻品種に導入して育成された幾多の実用品種がある (香村 1979)。他方、果樹類や花き類では、導入遺伝資源がそのまま実用品種となったケースも少なくない。今後とも農作物育種のさらなる進展には、既存の遺伝資源を最大限に活用するとともに、新たな遺伝資源の探索・導入に努める必要がある。

ところで、近年における分子生物学やバイオテクノロジーの発展はめざましく、その影響は作物育種にも及んでいる。とくに、組換えDNA技術は、生物種の壁を越えて遺伝子の移行を可能とした。その結果、全生物種の遺伝子が農作物の改良に活用できる時代になった。そこで、ハーランの第三次遺伝子プールの外側に、図1-1のように新たに第四次遺伝子プールを想定し、全生物種を包括することが考えられる。ここで重要なことは、分子生物学やバイオテクノロジーの進

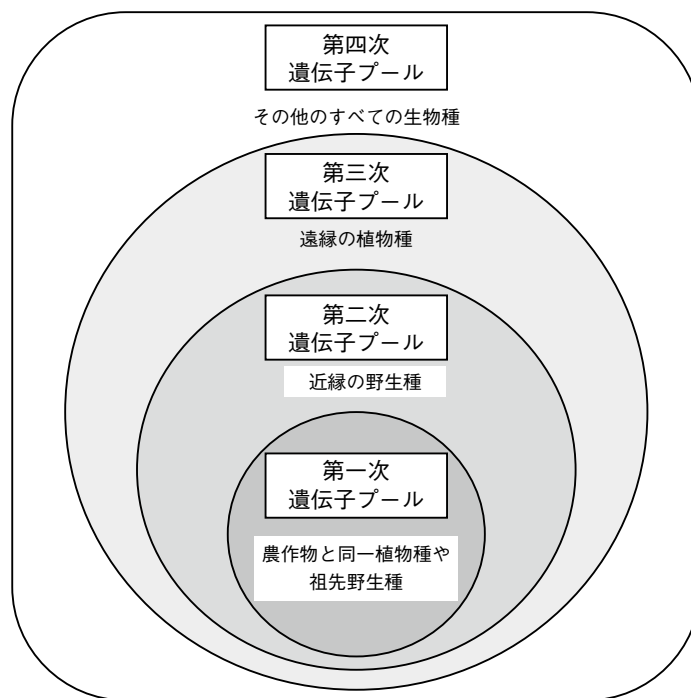


図1-1 遺伝子プール概念による植物遺伝資源の類型化（藤巻 2006を一部修正）

歩により組換えDNA技術が確立され、全生物種の遺伝子が農作物の改良に活用できるようになったことである。さりとて、農作物の地方品種や改良品種、あるいは祖先種などの近縁種などの遺伝資源の価値や重要性は、いささかも減ずるものではない。近縁なものほど、環境適応上有利な、また農業上有用な遺伝子を多く持っていることを想起すべきである。

近年のバイオテクノロジーの発展に伴い、育種素材の種類と範囲が飛躍的に拡大した。そこで、2001年に「知的基盤整備計画」（文部科学省 2001）が策定され、わが国が積極的に整備すべき知的基盤の一つとして、生物遺伝資源等の研究材料の整備が謳われ、微生物、動物細胞、動物（マウス等）、植物遺伝資源（作物遺伝資源やシロイヌナズナ等）について、2020年の目標数値が掲げられ、作物遺伝資源については60万点を目標に整備することとされた。

6. 遺伝資源を活かした農作物の改良事例

遺伝資源を活用して、多収性、病虫害抵抗性、ストレス耐性、良質性、地域適応性などの特性にすぐれた幾多の優良品種が育成されてきた。そこで、画期的な品種改良における遺伝資源の活用方策について、検討を加えた。なお、本節で取り上げた品種名の後にJPを冠した番号を記載したが、これらは農業生物資源ジ

ンバンクのパスポート番号であることを付記する。

(1) イネ

イネは日本人の主食作物であるばかりでなく、食料自給率が40%を切った日本農業の中で、唯一の自給率100%に近い食用作物である。最近では、家畜用粗飼料自給率の向上をねらいとした発酵粗飼料イネ品種、米需要の拡大のための新規形質イネ品種、あるいはバイオ燃料の開発に向くバイオマス収量の高いイネ品種などの開発が必要になっている。このようなさまざまな育種目標に合う品種開発には、育種素材となる遺伝資源の確保が不可欠となる。

わが国のイネ育種において、地方品種や外国品種の活用例は、枚挙に暇がない。そこで、いくつかの代表的事例をとりあげ、どのように遺伝資源を活用して、育種に成功したのかを検討する。

九州の有明海周辺の肥沃な水田地帯において、通常長稈の品種では稈が伸びすぎて倒伏してしまうような肥沃田でも、倒伏せずに生育できる短稈地方品種が農民によって選抜され栽培されてきた。この地方品種「十石」（JP9657）は、倒伏には非常に強かったが、病害に弱く米質が劣るなどの欠陥があり、あまり広く普及することができなかった。そこで、「十石」の短稈性を支配している半矮性遺伝子を活かす育種が

行われ、「ホクヨウ」,「レイホウ」(JP11276),「ニシホマレ」(JP34186),「シンレイ」(JP34185)などの優良な短稈多収品種が育成され、九州地方のイネの収量は飛躍的に増大した(岡田ら1967)。因みに、その後、菊池ら(1985)の遺伝子分析により、「十石」のもつ半矮性遺伝子は、1960年代に開発された奇跡のイネ「IR 8」(JP12467)(あるいはその親の「低脚烏尖」(JP7544))の半矮性遺伝子と同じ*sd1*遺伝子座にあることが判明した。

わが国の水稻育種では、遺伝資源の有効活用により病虫害抵抗性の改良において大きな成果をあげた。たとえば、暖地の水稻栽培、とくに直播栽培や早植栽培では、ヒメトビイロウンカが媒介するウイルスによる縞葉枯病が激発して大被害を与えることがある。わが国の水稻地方品種には、本ウイルス病に抵抗性を示す品種は見あたらなかった。そこで、広く世界のイネに遺伝資源を求め、日本の陸稲品種やインド型外国品種に強い抵抗性を示す品種があることが分かった。

中国農業試験場(現在の近畿中国四国農業研究センター)では、インド型品種「Modan」(JP12916)を1回親とし、「水稻農林8号」(JP9837)を反復親として連続戻し交雑を行い、雑種後代から縞葉枯病抵抗性遺伝子をもつ中間母本「St No.1」(JP10203)を育成した。さらに、中間母本「St No.1」と「中国31号」(JP10168)を交雑して、その後代から「ミネユタカ」(JP10209),「タマホマレ」(JP29184),「むさしこがね」(JP147539),「青い空」(JP84464),「星の光」(JP147546),「月の光」(JP84450)などの縞葉枯病抵抗性品種が矢継ぎ早に育成された。これらの抵抗性品種の普及により、防除が困難とされた縞葉枯病の被害が激減した。

イネいもち病は、昔から稲作農業に深刻な被害をもたらしてきた。しかし、イネといもち病菌との間には、特異的な寄主・寄生者の関係があり、ある品種が広く栽培されるようになると、その品種を特異的に侵害するいもち病菌系が発生することが知られている。したがって、外国から導入した品種は、日本のいもち病菌系に対して抵抗性を示すことが多い。

イネいもち病抵抗性育種で長い伝統のある愛知県農業試験場では、すでに大正時代には陸稲品種「戦捷」(JP4385)が高いいもち病抵抗性を示すことを明らかにし、これを利用した抵抗性育種を開始した。日本の水稻品種を繰り返し交雑することにより、「真珠」(JP7220)や「双葉」(JP14912)などの育成を経て、

いもち病抵抗性品種「若葉」(JP10644),「うこん錦」(JP15120),「はまれ錦」(JP9084),「黄金錦」(JP7311)などが育成された。なお、陸稲「戦捷」は日清戦争に出征した兵士が台湾か中国大陸から持ち帰ったと伝えられている。

戦後になって外国品種の中に高度抵抗性をあらわす遺伝資源が豊富にあることが明らかにされ、これらの外国品種のもつ高度抵抗性遺伝子を導入する育種が積極的に行われた。中国大陸から導入した日本型品種「荔支江」(JP11820)や「杜稻」(JP11821)からは、抵抗性遺伝子*Pi-k*, 中国品種「北支太米」(JP7388)から*Pi-k^m*, さらに、台湾の品種「陸稲(おかいね)」(JP4975)から*Pi-ta*, フィリピン品種「Tadukan」(JP12485)から*Pi-ta²*, アメリカ品種「Zenith」(JP7486)から*Pi-tz²*, インド品種「TKM1」(JP84818)から*Pi-z*, マレーシア品種「Milek Kuning」(JP49186)から*Pi-b*など多種類の抵抗性遺伝子がさまざまな外国品種から導入され、幾多の実用品種が育成された。

わが国の稲作農業においては、トビイロウンカの吸汁害、ツマグロヨコバイによる萎縮病ならびにヒメトビウンカによる縞葉枯病の伝播が大きな被害をもたらしてきた。

金田・池田(1983)によると、トビイロウンカ抵抗性のインド地方品種「Mudgo」(JP12491)が持つ抵抗性遺伝子*Bph1*, インド品種「ASD7」(JP12490)が持つ*bph2*, スリランカ品種の「Rathu Heenati」(JP70712)と「Babawee」(JP95176)が持つ*Bph3*および*bph4*などの抵抗性遺伝子を日本品種に導入して、「水稻中間母本農3号」(JP7693),「農4号」(JP7694),「農7号」(JP38072),「農10号」(JP179276)などが育成された。

イネの栽培北限に近い東北地方や北海道の稲作農業では、イネの生育期の低温による冷害は、深刻な被害をもたらす。わが国で栽培されているジャポニカ系品種は、比較的耐冷性にすぐれると考えられてきた。ところが、国際稲研究所(IRRI)における大規模な耐冷性遺伝資源探索の結果、熱帯アジアの高標高地域で栽培されてきた地方品種の中に、高い耐冷性をもつ遺伝資源のあることが明らかにされた。そこで、北海道農業試験場(現在の北海道農業研究センター)では、IRRIで選抜されたインドネシアの耐冷性品種「Silewah」(JP12743)を母本にして、耐冷性の高い「水稻中間母本農8号」(JP43189)が育成された。

以上のように、わが国におけるイネの近代育種は、

品質の向上やユニークな品質のコムギの開発に役立つものと考えられ、新規形質コムギの育成に向けて大きな期待がかけられている。

もちコムギの開発の鍵となったのは、電気泳動によるタンパク質分析技術の進歩であることは言及するまでもないが、Dゲノム上にもち性遺伝子をもつ「白火」の発見も、もう一つの鍵となった。この中国原産品種は1976年にジーンバンクに登録された遺伝資源であるが、これがなければ、もちコムギの開発はできなかったことになる。

(3) クワ

クワはカイコの飼料として栽培されてきたが、わが国における養蚕業の衰退に伴い、近年ではクワの新規用途開発に関する研究が進められるようになった。その中で、桑茶やマルベリージャムなどがすでに商品化されている。農業生物資源研究所では、遺伝資源として保存している桑品種・系統の中から果実生産に適するとみられる数品種を選定して公表したところ、地域活性化の素材として利用したいとする要望が多数寄せられるようになった。

そこで、桑果実生産に向く特性をもつ品種の選定を続けた。それらのうち、イタリアの地方品種「カタネオ」(JP165782) および日本の地方品種「大唐桑」(JP165761) の腋芽をコルヒチン処理して得られた変異枝条から「ララベリー」(JP204021) および「ポップベリー」が選抜・育成され、種苗登録された(町井ら 2003, 小山ら 2003)。両品種は、ともに早熟性で植え付けた翌年から果実収穫ができるなど、ブルーベリーなど他の小果樹にはみられない特徴がみられた。植付け3~5年目の着果数は、「カタネオ」や「大唐桑」より少ないが、果実が大粒化し収量は約30%上回っていた。両品種とも大粒で豊産性の果実用桑品種として、地域活性化のための特産品として有望視されている。

このように産業の盛衰に伴う需要の変化に対応して、保全された遺伝資源を有効活用することにより、新規用途開発を図ることができる。

7. 考 察

近年における遺伝学、分子生物学、バイオテクノロジーなどの進展はめざましく、従来の作物育種技術では不可能であったことが実現するようになった事例は枚挙に暇がない。たとえば、茎頂培養によるウイルス

フリー植物の開発、胚培養を活かした種属間交雑による遠縁素材からの遺伝子導入、薬培養による半数体育種法、なかんずく組換えDNA技術による生物種の壁を越えた遺伝子の移行は、従来の遺伝資源の概念を一変させた。しかしながら、これまでに収集・保存されている地方品種、改良品種、近縁野生種など、農作物と近縁な遺伝資源の価値は、いささかなりとも減ずるものではない。農作物の品種や近縁野生種のゲノムには、数億年にわたる植物進化と数万年の作物改良の歴史が刻まれている。すなわち、植物進化上有利な遺伝子や植物改良上有用な遺伝子が蓄積されていると見ることができる。

ところで、近年、科学的育種による改良品種が広く普及するのに伴い、長年にわたり農民の手で改良されてきた地方品種が消滅の危機に瀕している。さらに、農林地の造成、燃料木の採集ならびに過放牧などによる生態系の破壊が遺伝的侵食の大きな原因となっている。このような深刻な遺伝的侵食は、経済合理主義の落とし子とも考えることができる。

農業の近代化と優良改良品種の普及に伴って、少数品種による寡占化が世界的に広まっている。特定の少数品種の普及による遺伝的画一化は、病虫害や環境ストレス害を受け易くする遺伝的脆弱性(genetic vulnerability)を高めている。

野生植物の進化には遺伝的多様性は不可欠であり、同様に栽培植物の改良には、遺伝資源の多様性は必須であり、将来の作物育種には、多様な遺伝資源の保全が必要不可欠と考えられる。数億年にわたる植物進化と数万年の作物改良の所産としての作物遺伝資源は、人類にとってかけがえのない共有財産であり、その活用による利益は、公平に分かち合われるべきである。

生物進化と作物改良の所産としての農作物ゲノムの優良遺伝子型を現在のみならず将来にわたり保全するとともに、その持続的開発を図ることが人類に課せられた重要な課題である。そこで、農作物遺伝資源の保存に関する農業生物資源ジーンバンク事業の取り組みと解決すべき問題について、次章で論考する。

第2章 農業生物資源ジーンバンクの発展と展望

わが国における植物遺伝資源の収集と保存は、20世紀初めに組織的な近代育種が開始されるとともに、育種素材の確保の観点から開始された(表2-1)。当初

表2-1 ジーンバンク事業および遺伝資源保全の取り組み動向

年	国際および海外の動向	国内の動向	備 考
1903-1905		農商務省農事試験場が全国からイネを収集	
1947	FAO「植物・動物育種材料小委員会」の開催		
1953		主要作物の育種材料研究室の設置	
1958	FAO「植物ニュースレター」の刊行開始 米国・国立種子貯蔵所（コロラド州フォートコリ ンズ）を建設		
1961	FAO「植物の探索・導入に関する研究集会」の 開催		
1966		農業技術研究所（平塚市）に種子貯蔵施設の建設	
1972	国連「人間環境会議」（ストックホルム）		
1974	「国際植物遺伝資源理事会（IBPGR）」の設立 （FAO）		
1977		茨城県谷田部町（現つくば市）に2代目種子貯蔵 施設を設置	
1980			農業技術研究所の筑波 移転
1983	「植物遺伝資源に関する国際的申し合わせ」の採 択（FAO第22回総会） FAO「植物遺伝資源委員会」の設立（FAO第22 回総会）		農業生物資源研究所発 足
1985		「農林水産省ジーンバンク事業」の開始	科学万博開催
1988		3代目の生物遺伝資源保存管理施設の建設と運用 開始（現GB）	「スリランカ植物遺伝資 源センター計画5+2カ 年」の開始
1989			「チリ植物遺伝資源計画 の（5+2カ年）」開始
1991	「国際植物遺伝資源理事会（IBPGR）」を「国際 植物遺伝資源研究所（IPGRI）」と改組	FAO「植物遺伝資源委員会」に加入	
1992	「生物多様性条約（CBD）」の採択		
1993	「生物多様性条約」の発効	第2期農林水産省ジーンバンク事業の開始	「パキスタン植物遺伝資 源保存研究所計画（5 カ年）」の開始
1994		DNA部門の開始	
1995	「植物遺伝資源委員会」を「食料・農業遺伝資源 委員会」と改組		
1996	食料農業植物遺伝資源白書・ライブチャット宣言 （世界技術会議）		
1997			「ミャンマー・シードバ ンク計画（5カ年）」の 開始
2001	「食料農業植物遺伝資源条約（ITPGR）」の採択 （FAO, 2001.11.3）	研究機関の独立行政法人への移行（2001.4）「農 業生物資源ジーンバンク事業」（第3期）の開始	
2002	ボンガイドライン採択（生物多様性条約第6回締 約国会議：2002.4.オランダ・ハーグ）		
2004	「食料農業植物遺伝資源条約」の発効（2004.6.29）		
2006	ITPGRの標準材料移転契約（SMTA）の採択 「国際植物遺伝資源研究所（IPGRI）」を 「Bioversity International」と改組	独立行政法人2期目の開始 「農業生物資源ジーンバンク事業」（第4期）の開 始	

は育種事業のかたわら品種保存事業として行われていた。やがて、1953年には農林省農業技術研究所にイネ、農事試験場にムギ、東北農業試験場にマメ類と雑穀の育種材料研究室が設立され、品種の保存と特性の研究が進められるようになった(和田 1980)。その後1965年に最初の種子貯蔵施設が農林省農業技術研究所(神奈川県平塚市)に建設され、植物遺伝資源事業の組織的強化が図られ、遺伝資源を重視する世界的動向とも相まって、ジーンバンク事業の発足につながるようになった。

この種子貯蔵施設は2万点の種子サンプルが収容できる本格的なもので、配布用(貯蔵温度0℃)ならびに長期保存用(貯蔵温度-10℃)の2種類の貯蔵室による重複保存方式がとられた。さらに、缶詰による乾燥種子減圧密封貯蔵方式が採用されたほか、作物名、品種名、来歴等のパスポートデータとともに、在庫管理データがカード方式で整備されるなど、安全で効率的な保存に向けて、試行錯誤により生み出された数々の工夫が生かされた。

その後、国立試験研究機関の筑波移転に伴って、1978年に2世代目の種子貯蔵施設が建設された。農林水産省は1985年に、植物、微生物、動物、林木、水産生物の生物遺伝資源の総合的な収集、保存、利用システムの整備を目指し、農林水産省ジーンバンク(MAFFGB)事業を開始した。1988年には、3世代目の生物遺伝資源保存管理施設が建設された。1985年には、開発途上国の研究者を対象としたJICA植物遺伝資源集団研修コースを開始するとともに、積極的に海外での遺伝資源探索・収集に取り組むこととなった。

本章では、わが国の植物遺伝資源の保全の取り組みについての歴史的経緯と今後の展望について論議する。

1. 品種保存からジーンバンク

第二次世界大戦後、国連食糧農業機関(FAO)に登録された作物品種の保存栽培と配布義務を負うことが契機となって設立された農林省農業技術研究所遺伝科イネ育種材料研究室では、日本型イネについて、FAOの育種材料として全世界から登録されたものを導入保存し、要求に応じて各国に配布するとともに、全国対応のイネの育種材料の導入保存センターの役割を担うことを任務としていた(伊藤 1980)。

当時のイネ育種材料の研究では、戦前には在外公館

を通じて、戦時中は従軍した農業技術者の協力によりアジア各地から収集されたイネ品種を保存するとともに、保存材料に関するパスポート情報ならびに特性評価、海外からの導入材料の隔離温室における採種栽培、探索収集に関する戦略策定、種籾の長期貯蔵技術ならびに特性調査技術の確立などが主要な検討課題であった。さらに、当時、最新技術とされたアイソザイム分析によるイネの多様性研究、すなわち起源地を探索研究(Nakagahra *et al.* 1975)などが行われた。

このような種子の長期保存条件の解明やイネ遺伝資源の多様性解析研究とあわせて、遺伝資源研究のさらなる発展のためには、次のような課題を適切に実施するための施設と陣容の整備が不可欠であることが指摘された。

- 1) 遺伝資源の計画的導入
- 2) 導入した品種の増殖採種
- 3) 種子配布能力の向上

伊藤(1980)は、「ジーンバンクの役割は、個々の育種機関では果し得ないことを大規模かつ組織的に行うとともに、十分な遺伝的多様性を保全し、育種家などの要請に応じ、必要な遺伝資源と特性情報を迅速に提供できることと考える」と述べ、それに必要な研究を行わなければならないとした。

その後、海外交流の発展に伴いイネや果樹類などの種苗導入に必要な防疫隔離温室が整備された。また、農林省農林水産技術会議事務局内に種苗保存導入係が新設され、種苗の保存導入に関する全国的な企画・調整が図られるようになり、種苗保存導入体制が整った。前述の通り、1968年には種子貯蔵管理室が農業技術研究所(神奈川県平塚市)に新設され、作物遺伝資源の調査研究を組織的に推進する体制整備が図られた。

2. 農林水産省ジーンバンク(MAFFGB)の設立と発展

戦後の食料難を克服した後のめざましい経済発展と科学的育種による改良品種の急速な普及により、長い時間をかけて地方の栽培環境に適応し分化してきた多様な地方品種が急速に失われることとなった。

諸々の理由により欧米諸国に比べて生物遺伝資源の確保が大きく立ち遅れていた日本では、生物資源、とりわけ農作物遺伝資源の確保を急ぐ必要があることが認識されるようになった。1985年には、農林水産省ジーンバンク事業が開始された。この第1期ジーンバ

ンク事業では、当初、植物、微生物、動物、林木、水産生物の遺伝資源の収集・保存に重点がおかれたが、イネを中心とした農作物や家畜のゲノム研究などの著しい進展を受け、1994年には、ジーンバンク事業の新たな柱としてDNA部門が付加された。DNA部門では、RFLPマーカーやEST/cDNAなどのイネゲノムプロジェクトで得られた各種DNA素材についてジーンバンクを通じ利用者に提供を開始した。

ジーンバンク事業では、植物、動物、微生物およびDNA部門をもつ農業生物資源研究所をセンターバンクとし、農林水産省傘下の試験研究機関をサブバンクとするネットワークシステムを構築した。センターバンクには、サブバンクと連携して遺伝資源の保存管理情報の一元的管理とともに、農作物遺伝資源種子の長期貯蔵と配布を担当し、一方、各サブバンクでは、担当する農作物や家畜の種類別の収集、評価、保存、増殖等を分担した。

わが国に特有の組織横断的ネットワークシステムの統括には、センターバンクの遺伝資源調整官（現在の農業生物資源研究所ジーンバンク長）があたり、事業運営方向の協議やサブバンクとの連絡調整には、稲類、麦類、豆類など12種類に区分された植物種類別キュレータがあたり、ワーキンググループ打合せ会議の協議に基づいて外部専門家を加えた遺伝資源部会を開催して事業の計画を策定した（農業生物資源研究所1989）。

キュレータは専門試験研究機関に所属し、それぞれの専門分野を代表してセンターバンクと連携しつつ、長期事業計画、探索・収集の立案と実施の責任を担うこととした。このジーンバンクシステムでは、センターバンクとサブバンクとキュレータとがちょうど横糸と縦糸の関係になり、ジーンバンク事業を円滑に運営する仕組みが整えられた（農業生物資源研究所1989）。植物部門とほぼ同様の実施体制で微生物、動物、DNAの各部門でも、ジーンバンク事業が推進されたが、林木および水産生物に関しては、林木育種センターならびに養殖研究所がそれぞれセンターバンクとして機能した。

1975年のインドにおけるカンキツ収集を皮切りに、農作物遺伝資源の海外探索収集が行われるようになり、1984年にいたる10年間に20隊が派遣された。さらに、1985年から2001年にいたる間の活動では、前半8年の第1期事業においては、保存遺伝資源の量的拡充をめざし、作物育種指定試験地における都道府県職員

の協力を得て国内外で積極的に探索・収集活動を行った。この間、国内で104隊、海外に68隊が派遣された（表2-2、表2-3）。

植物遺伝資源の保存点数は、1985年度当時、稲類2万点、麦類2.6万点など合計11万4千点であったが、1992年度末には、稲類2.6万点、麦類5.4万点など合計18万4千点余りに達した。第1期の8年間でおよそ麦類3万点、野菜類1万点、稲類6千点など合計7万点増加した（表2-4）。

量的拡大に偏重した遺伝資源の収集保存活動によって、低発芽率や異名同種の遺伝資源が散見されるようになり、保存遺伝資源の質的な面で問題を抱えることとなった。これを機に、量的拡大から質的充実へ転換が必要になり、特性評価マニュアルの整備や近縁野生種を育種的に利用するための育種素材化に事業の重点がおかれるようになった。

そこで、1993年度から2000年度の8年間にわたる第2期ジーンバンク事業においては、遺伝資源の量的拡大から質的充実へと目標を転換した。すなわち、保存遺伝資源の来歴精査、重複登録の整理、在庫種子量の確認、高発芽率種子の確保などを中心に保存事業の改善に取り組んだ。

1993年には、生物多様性条約（CBD）発効に伴って、遺伝資源の海外への持ち出しを制限する国内法を制定する国々が続出した。その結果、従来実施してきた探索収集には、事前同意の取り付けに数年を要したり、あるいは、同意が得られず実施できなかったりする場合が多くなった。そのため、従来型の単年度ごとの海外探索収集調査に加えて、主として開発途上国を対象として、複数年にわたる遺伝資源海外共同調査事業を新たに開始した。これらの新事業では、植物遺伝資源の生息域内保全を主なねらいとして、チリ、フィリピン、インドネシア、ベトナムなどの多様性中心地域における原産遺伝資源の多様性解析に関する共同研究を実施した（表2-5）。この中で、ベトナムではイネ、インドネシアではカンショの在来品種の収集とRAPDによる多様性解析を行い、農家圃場で保存することの重要性が明らかにされた（福岡ら 2000、中谷ら 2004）。

第2期8年の取り組みの結果、遺伝資源の総保存数は約21万点に達した。第1期と比較すると、保存数の増加傾向は明らかに低下した。その一方で、保存遺伝資源の特性評価に関しては、経験豊かな退職研究職員による「OB活用特性評価」を実施した。その結果、マ

表2-2 ジーンバンク事業で実施した海外探索収集調査

年 度	国・地域名	対象作物
1975	インド	カンキツ
1976	ペルー メキシコ	バレイショ トウモロコシ
1977	イタリア・ハンガリー スペイン・イタリア	イネ 野菜
1978	ネパール・インド ネパール・インド	豆類 野菜
1979	アメリカ・コロンビア・ベネズエラ	牧草・カンショ・キノア
1980	オランダ・ポーランド	バレイショ・テンサイ
1981	象牙海岸・ナイジェリア・インド	アフリカイネ・ソルガム・ハトムギ
1982	フランス・イタリア	イタリアン・ライグラス
1983	インドネシア タイ・フィリピン トルコ・エジプト バングラデシュ メキシコ・コスタリカ・ペルー・ボリビア	ダイズ コンニャク 小麦 稲類 野菜
1984	インド・タイ・インドネシア 北米 韓国 ニュージーランド	茶 果樹 豆類 イグサ, 牧草
1985	台湾 イタリア・ハンガリー・ユーゴスラビア パプアニューギニア アルゼンチン タイ	果樹 麦類 カンショ・サトウキビ ラッカセイ・トウモロコシ ダイズ
1986	モロッコ・ポルトガル・スペイン タイ タイ ペルー・エクアドル タンザニア	牧草類 稲類 野菜 根茎作物 雑穀類
1987	ナイジェリア ネパール モロッコ・シリア・アラブ共和国 イタリア・ギリシャ・イスラエル	野菜 豆類 麦類 カンキツ・ビワ
1988	ネパール インド アルゼンチン インドネシア	花き サトウキビ・茶・桑 アルファルファ 稲類
1989	アルジェリア マレーシア・タイ フランス・イタリア ギリシャ	麦類 イモ類 ブドウ 花き
1990	モロッコ・スペイン フィンランド・スウェーデン タイ マレーシア	テンサイ類 牧草類 稲類 豆類
1991	ソ連：サハリン ポーランド スリランカ・タイ ウルグアイ・チリ	牧草類 野菜 雑穀類 イモ類
1992	インド マダガスカル メキシコ ブラジル	ゴマ 稲類 桑 パイナップル
1993	ガーナ ベトナム ベトナム エクアドル・ボリビア	野菜・豆類 稲類 豆類 根茎作物

表2-2 ジーンバンク事業で実施した海外探索収集調査（つづき）

年 度	国・地域名	対象作物
1994	パキスタン フィリピン ベトナム カザフスタン・ウズベキスタン	麦類 カンショ サトイモ 花き
1995	ブルガリア・ギリシャ ケニア スリランカ パラグアイ・ボリビア	牧草類 野菜 茶 豆類
1996	パキスタン ポーランド・チェコスロバキア ベトナム ケニア	麦類 牧草類 稲類 ソルガム
1997	カザフスタン ベトナム ベトナム タイ	ネギ 稲類 果樹類 熱帯果樹
1998	ギリシャ アルメニア・グルジア ベトナム ベトナム	麦類 果樹類 稲類 果樹
1999	ギリシャ タイ ミャンマー スペイン ミャンマー	野菜類 サトウキビ 稲類 カンキツ類 事前調査：雑穀・特用作物
2000	ミャンマー ベトナム ミャンマー イタリア・フランス・スペイン ブータン	稲類 豆類 雑穀・コンニャク 牧草類 事前調査：作物共通
2001	オーストラリア ミャンマー ミャンマー 台湾	事前調査：野生稲 豆類 牧草類 事前調査：熱帯野菜・果樹
2002	オーストラリア ミャンマー トルコ ベトナム	野生稲 豆類 事前調査：果樹類 茶
2003	ロシア・アゼルバイジャン トルコ 韓国 ベトナム パキスタン ロシア 中国	テンサイ 果樹類（核果類） 果樹類（カキ） 茶 桑 事前調査：作物共通 事前調査：作物共通
2004	ミャンマー	野生稲
2005	パプアニューギニア ミャンマー ベトナム ロシア：サハリン ミャンマー	稲類・豆類 稲類 ヤマノイモ ダツタンソバ 野菜類
2006	セネガル・ギニア ブルガリア ベナン* ラオス* ミャンマー*	アフリカイネ 牧草類 豆類 豆類 稲類・雑穀類・野菜類
2007	韓国（済州島） ラオス インド ブータン	果樹類（カンキツ） 野菜類（ウリ科，ナス科） 豆類・雑穀類 豆類・雑穀類

*：ジーンバンク事業予算以外での収集調査実績

表2-3 ジーンバンク事業で実施した国内探索収集調査 (3-1)

年 度	都道府県	対象作物
1986	茨城・福島 高知・愛媛・宮崎 長野・群馬・山梨 熊本・宮崎 沖縄 (石垣島・波照間島・与那国島) 滋賀・京都 北海道 宮崎・鹿児島	豆類・雑穀類 果樹類 (タチバナ・ヤマモモ) 牧草類 雑穀類 (ヒエ) 野菜 野菜 雑穀類 (ソバ) 雑穀類 (ソバ)
1987	群馬・新潟・福島 広島・高知・徳島 京都 福島・長野・群馬・茨城・栃木・青森・岩手 東京 (父島・母島)	豆類・雑穀類 花き (キク野生種) 茶 牧草 (ペレニアルライグラス) 桑 (オガサワラグワ)
1988	埼玉・長野 新潟・長野 福島 長野・埼玉 沖縄 (粟国島・池間島・石垣島・伊良部島・ 西表島・久米島・黒島・宮古島・与那国島) 静岡・山梨・神奈川 岐阜・奈良・熊本 奈良・滋賀・京都・岐阜・愛知・三重	豆類・雑穀類 豆類・雑穀類 植物全般 徳用作物 (ゴマ・エゴマ) イモ類 (カンショ) 豆類 (ダイズ・ツルマメ) 果樹 (カキ) 野菜 (ナス)
1989	長野 沖縄 (西表島) 沖縄 秋田・山形・栃木・長野・茨城・千葉・山梨・ 埼玉・群馬・愛知・岐阜・山口・高知・愛媛・ 徳島・長崎・佐賀・福岡・熊本・鹿児島 岩手・秋田・青森 宮崎・鹿児島・長野・広島 熊本・宮崎 鹿児島 (徳之島・沖永良部島)	雑穀類・豆類 豆類 (アズキ近縁種) イモ類 (カンショ) 牧草類 (レンゲ) 果樹 (リンゴ) 花き (ダイアンサス) 茶 イモ類 (カンショ)
1990	長野 沖縄 (与那国島) 岩手・山形 岩手・青森・山形 宮城・岩手・青森・秋田・新潟 (佐渡)・鳥取・ 茨城・千葉 沖縄 (宮古島・石垣島・西表島・伊良部島・ 与那国島) 岐阜・栃木・北海道 福岡・大分	豆類・雑穀類 豆類 (アズキ) 作物全般 特用作物 (エゴマ・ゴマ) 花き・緑化植物 (ハマナス) 亜熱帯植物全般 野菜 (イチゴ) 豆類 (大豆)
1991	沖縄 (波照間島・多良間島・池間島・宮古島) 秋田・山形 青森・山形・福島・栃木・群馬・新潟・富山・ 静岡・三重・兵庫・岡山・山口・徳島・愛媛・ 高知・福岡・佐賀・長崎・大分・宮崎・鹿児島 北海道 新潟・秋田・岩手 高知・熊本・宮崎・静岡 宮崎・鹿児島・福岡・愛媛・香川・高知・徳島・ 兵庫・広島・京都・和歌山	豆類・雑穀類 豆類 牧草類 (シバ属) 桑 (ヤマグワ) 茶 果樹 (クリ) 花き (セッコク)

表2-3 ジーンバンク事業で実施した国内探索収集調査（3-2）

年 度	都道府県	対象作物
1992	徳島・高知 沖縄（本島・久米島）・鹿児島（奄美大島） 広島・島根 山形・岩手・宮城・千葉・静岡・愛知 鳥取・島根 沖縄（宮古・八重山諸島）	雑穀類・豆類 作物全般 特用作物（イグサ） 野菜（メロン） 麦類（カモジグサ類） 亜熱帯植物全般
1993	高知 鹿児島（種子島・屋久島） 高知・愛媛 大分・島根・広島・岡山・愛媛・高知・徳島・ 福井・石川・新潟 岡山 沖縄（石垣島） 秋田 新潟・富山・石川・福井	作物全般 作物全般 イモ類（カンショ） 牧草類（ペレニアルライグラス） 果樹（モモ野生種） 花き（ツバキ） 豆類（ソルマメ） 麦類（カモジグサ類・テンキグサ類）
1994	青森・岩手 長崎（対馬） 長崎（五島列島） 鹿児島（奄美諸島） 沖縄 新潟・長野 鹿児島（奄美大島） 香川・徳島・高知	豆類・雑穀類 作物全般 作物全般 稲類 野菜類（ウリ） 特用作物（ソバ） 桑（シマグワ） 特用作物（サトウキビ）
1995	岩手 鹿児島 島根（隠岐諸島） 京都・兵庫 愛知・岐阜・静岡・長野・広島・岡山・鳥取・ 島根 鹿児島・熊本 高知・徳島	作物全般 作物全般 作物全般 豆類（ソルマメ） 牧草類（ウマゴヤシ） 果樹（カンキツ） 茶
1996	島根・広島 東京（三宅島） 北海道・青森 青森・山形 北海道 大分・熊本・宮崎 沖縄（本島・伊江島）	作物全般 イモ類（カンショ） 花き（ツツジ） キクイモ 麦類（カモジグサ類・テンキグサ類） 雑穀類 豆類
1997	三重・奈良 長野・北海道 北海道・山形・新潟・富山・岐阜 島根・鳥取 山形 沖縄	豆類・雑穀類 牧草類（赤クローバ・シャジクソウ） 果樹（マタタビ） 伝統作物（ゴマなど） 豆類（ソルマメ） 亜熱帯果樹
1998	和歌山・奈良・三重 茨城 群馬・山形 北海道 岡山 青森・岩手・秋田・山形・福島	作物全般 作物全般 果樹（アケビ） 花き（コハマギク・イワギク） 茶 特用作物（アブラナ科）
1999	栃木・静岡・愛知 新潟・富山・石川・福井 鹿児島 長野・京都 沖縄 大分・熊本・宮崎	特用作物（ソバ） 雑穀類 特用作物（サトウキビ） 果樹（ユスラウメ） 豆類（アズキ） 作物全般

表2-3 ジーンバンク事業で実施した国内探索収集調査 (3-3)

年 度	都道府県	対象作物
1998	和歌山・奈良・三重 茨城 群馬・山形 北海道 岡山 青森・岩手・秋田・山形・福島	作物全般 作物全般 果樹 (アケビ) 花き (コハマギク・イワギク) 茶 特用作物 (アブラナ科)
1999	栃木・静岡・愛知 新潟・富山・石川・福井 鹿児島 長野・京都 沖縄 大分・熊本・宮崎	特用作物 (ソバ) 雑穀類 特用作物 (サトウキビ) 果樹 (ユスラウメ) 豆類 (アズキ) 作物全般
2000	福島 鳥取・岡山・茨城・栃木 高知 鹿児島・沖縄 三重・北海道 長崎	作物全般 豆類 (アズキ) 果樹 (ナシ) 果樹 (カンキツ) 花き (カワラナデシコ) 茶
2001	新潟 新潟・山形 長野 長野・愛知 宮崎・鹿児島・長崎 東京 (小笠原諸島) 長崎	作物全般 作物全般 豆類 特用作物 (ゴマ・エゴマ) 牧草類 (エンバク) 果樹 (カンキツ) 茶
2002	愛知 (北部) 千葉 (房総半島) 鹿児島 (奄美大島) 鹿児島 沖縄 沖縄	作物全般 豆類 (ソルマメ) イモ類 (カンショ) 特用作物 (フダンソウ) 果樹 (イチジク) 茶
2003	石川・富山 愛知・岐阜 岩手 青森・沖縄 北海道	作物全般 特用作物 (ゴマ・エゴマ) 豆類 (ソルマメ) 果樹 (モモ) 桑
2004	九州南西部 長野 山梨・長野	特用作物 (サトウキビ) 果樹 (クリ) 果樹 (近縁種)
2005	青森・秋田・岩手 山形 北海道・鹿児島 (屋久島) 鹿児島・宮崎 秋田・栃木・茨城・高知・佐賀* 関東地方* 秋田・山形・岩手・青森* 北海道*	果樹類 (ナシ) 果樹類 (スモモ・ナシ) 果樹類 (ブルーベリー近縁種) 野菜類 (アブラナ科) 豆類 (ソルマメ・野生アズキ) 豆類 (ソルマメ) 豆類 (ダイズ) 花き (ツツジ)
2006	高知 愛知・三重 鹿児島・千葉・静岡・宮崎・長崎・沖縄 熊本・鹿児島・茨城 石川・富山 鳥根 長野・山梨 愛知・広島 福島・茨城* 山形*	豆類 (ソルマメ) 特用作物 (サトウキビ) 牧草類 (ダンチク) 牧草類 (イタリアンライグラス) 野菜 (アブラナ科) 茶 果樹類 (リンゴ近縁種・日本ナシ近縁種) 果樹類 (ブルーベリー近縁種) 豆類 (ソルマメ) 果樹類 (スモモ)
2007	高知・愛媛 滋賀 鳥取・兵庫・京都・九州北部 静岡・秋田・長野・福島・栃木・千葉・茨城 富山・石川 長崎 (対馬・長崎市) 富山 長野* 山形* 茨城* 静岡・栃木* 本州 (関東以南)・四国* 北海道*	特用作物 (サトウキビ) 雑穀 (アワ・ヒエ・ソルガム) 豆類 (ダイズ・ソルマメ・アズキ・ササゲ) 豆類 (ソルマメ) 果樹類 (ズミ・ニホンナシ) 果樹類 (カンキツ) 果樹類 (ブルーベリー近縁種) 豆類 (ソルマメ・ヤブツルアズキ) 豆類 (ソルマメ・ヤブツルアズキ) 豆類 (ヤブツルアズキ) 豆類 (ヤブツルアズキ) 牧草類 (ダンチク) 果樹類 (ブルーベリー近縁種)

* : ジーンバンク事業予算以外での収集調査実績

表2-4 ジーンバンク事業開始後の主な植物遺伝資源の保存点数の推移

植物種類	事業開始前	第1期事業 (8年)				第2期事業 (8年)				第3期事業 (5年)		第4期事業 (5年)
	1984	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006
稲 類	20,376	21,079	22,718	26,061	26,570	28,450	29,471	30,424	36,684	39,957	41,729	44,026
麦 類	26,041	23,474	31,863	51,550	54,509	56,968	58,106	55,939	58,391	59,838	61,187	62,155
野菜類	10,586	15,020	16,547	17,832	20,540	22,545	23,746	24,015	22,905	24,127	26,067	26,479
イモ類	4,804	5,207	5,570	5,667	5,667	5,762	5,343	5,212	7,136	7,781	8,423	8,817
果樹類	5,232	6,061	6,769	7,530	7,851	8,082	8,188	8,594	8,604	9,268	9,782	10,377
総保存点数	114,060	121,658	142,505	175,031	192,860	202,581	206,764	216,512	213,295	225,293	233,155	240,557

ニュアルに基づいた耐病性などの2次特性評価の充実を図ることに成功した。また、農林水産省の試験研究機関では取り組みが難しかった野菜類については、種苗会社等民間機関の協力を得て特性調査を実施した。さらに、国内では採種の難しい熱帯・亜熱帯作物を対象として、高発芽率で配布可能な種子量を確保するために、海外における種子再増殖を開始した。たとえば、イネでは、法制的に種籾が輸入できる台湾において実施したほか、ベトナムあるいはタイにおいて豆類や野菜類の再増殖を行った。ロシアにおいては、ヴァヴィロフ植物生産研究所が保存するオオムギおよびコムギの再増殖を行い、増殖した種子を日本へ導入することに成功した。

3. 農業生物資源ジーンバンク (NIASGB) の現状と展望

(1) 独立行政法人化後のジーンバンク事業の推進体制

2001年4月1日には、ジーンバンク事業に係わる農林水産省傘下の研究機関が独立行政法人（独法）へ移行した。独法化とジーンバンク事業の第3期5ヶ年計画の開始時期とが重なったことから、数年の論議を経て、独法化後の体制で本事業が円滑に進められるか否かを慎重に検討した結果、最終的には、従来からの体制を活かした形で、新たな5ヶ年計画の展開を図ることとなった（農業生物資源研究所 2002）。

農林水産技術会議事務局と林野庁や水産庁との間では、独法化後は独法ごとに事業展開を図る方向で調整が行われた。その結果、植物、微生物、動物およびDNA等の4部門については農業生物資源ジーンバンク (NIASGB) 事業として、農業生物資源研究所が実施主体となり、ジーンバンク事業の推進にあたった（白田 2001）。なお、林野庁や水産庁で扱う微生物につ

いては、関係機関が事業主体となり、事業を推進することになった。しかし、従来から農業生物資源研究所が分担してきたキノコ類の長期保存と配布業務に関しては、キノコ遺伝資源を担当する森林総合研究所からの委託を受けて継続して事業を実施することとなった。

独法化後も引き続き、農業生物資源研究所がセンターバンクとなったが、大多数のサブバンクは、現在の農業・食品産業技術総合研究機構に移行した。農業生物資源研究所では、基盤研究部門のなかにジーンバンクを位置づけ、遺伝資源研究グループと連携協力して、ジーンバンク事業のセンターバンク機能を果たせる仕組みとした。農業生物資源研究所のセンターバンクには、植物、微生物、動物の各遺伝資源の研究チームとともに、遺伝資源の受入、保管理、配布等の事業全体の管理に係わる業務を担当する遺伝資源管理課、ならびに事業展開の技術的側面に関する調整あるいは対外折衝にあたる上席研究員が複数名配置された。

農業生物資源研究所が実施主体となり、異なる独立行政法人に跨るジーンバンク事業を円滑かつ効率的に推進するためには、事業の意思決定プロセスの透明性・公平性の確保、実績評価結果の公開、異なる機関間の連携が不可欠となった。そのため、従来からの部門ごとの部会ではなく、参画機関の代表担当者とともに、専門分野別の経験豊富な研究者を委員とするジーンバンク事業連絡協議会を設け、具体的な事業運営に関する協議と連絡を行う体制を整える必要があった。さらに、外部専門家や有識者による評価委員会を設置した。

しかし、現実の連絡協議会や評価委員会などの構成委員や会議の開催・運営方針が年により変更されることもあり、継続的協議や意思疎通を十分果たしたとはいえず、また、センターバンク内でも遺伝資源研

究グループとの間の協力・分担関係が明確にされておらず、有機的な連携が十分図られたとはいいがたかった。

(2) 独法化後第2期事業の推進体制

2006年度には、農業生物資源研究所や農業・食品産業技術総合研究機構の組織体制が大きく変更され、ジーンバンク事業の推進体制も図2-1に示した推進体制をとることになった。すなわち、農業生物資源研究所では、基盤研究領域の1ユニットとしてジーンバンクが位置づけられ、ジーンバンク長ほか22名の研究員を配置し、ジーンバンク事業のセンターバンク機能を一元的に果たすこととなった。ジーンバンク内部の業務分担として、植物、微生物、動物及び昆虫の各遺伝資源担当とともに、事業展開の技術的側面に関する資源情報担当、資源開発担当、資源保存担当を配置した。さらに、遺伝資源の受入、維持管理、配布等、事業全体の管理に係わる業務を担当する生物遺伝資源管理室は企画管理部門におかれた。なお、筆者は資源保存担当者として、植物部門を統括しつつ種子や栄養繁殖性作物の保存並びに保存法の改良を担当した。サブバンクとの連携の要となる連絡協議会については、サブバ

ンクとなる機関代表者に加えて、専門分野の責任者としてキュレータが事業運営に参画する体制とした。なお、緊急な対応が必要な場合には、キュレータ会合を開催し、具体的な運営に関する協議を行う体制とした（農業生物資源研究所 2007）。

ジーンバンク事業の評価を行うために、事業推進に当たっての意思決定並びにそのプロセスの透明性・公平性の確保、実績評価の公開、公募課題の採択等に当たるため、広く外部専門家や有識者等6名に評価委員を委嘱した。

(3) ジーンバンクにおける主な事業の取り組み

NIASGBでは、国内外の遺伝資源の探索・収集、特性評価、保存などの活動を図2-2に示したように行っている。独法化後の事業活動も、従来の活動を踏まえて継続して実施している。

次に、独法化後のジーンバンク事業への取り組みの概要を述べる。

① 探索収集

独法化後6年間に於いて、国内に33隊、海外へ26隊が派遣された（表2-2、表2-3）。この間の収集・受入数は、年間3,000～5,000点程度であり、総保存点数の

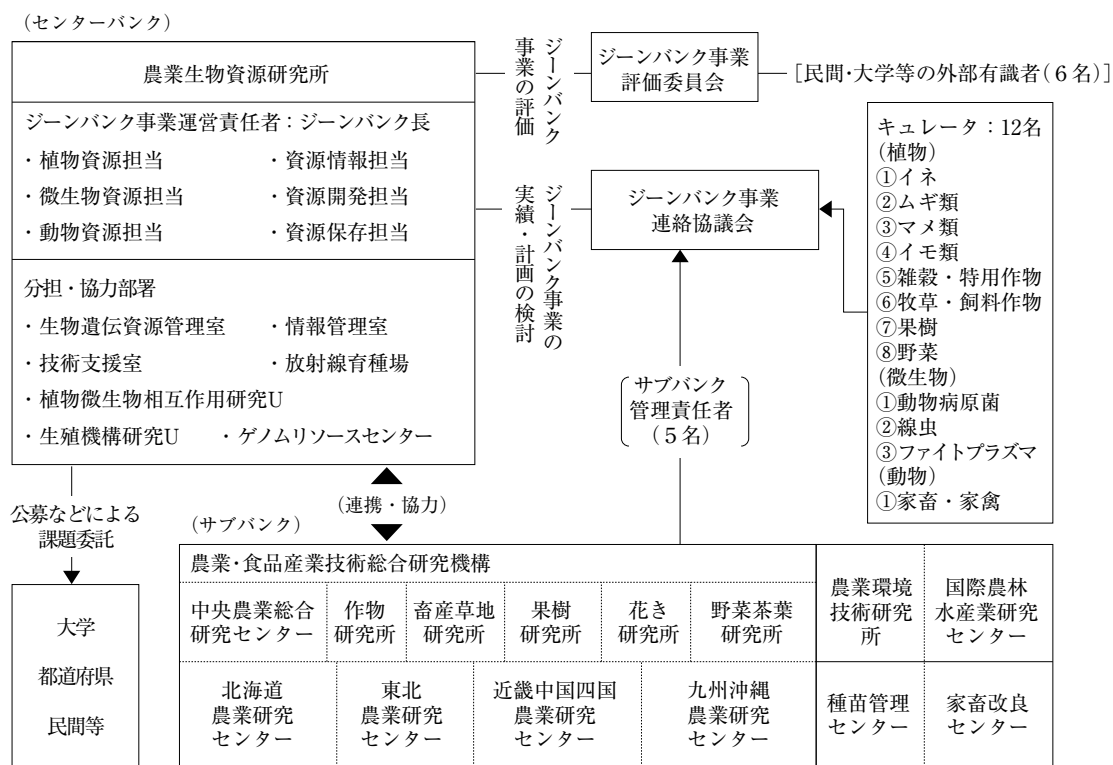


図2-1 農業生物資源ジーンバンク事業の実施推進体制



図2-2 ジーンバンクにおける植物遺伝資源に関する活動

増加は3万余に達した。

前述の通りCBD発効以降は、遺伝資源保有国側との契約に基づかない一方的な海外探索は不可能になった。そこで、遺伝資源の導入を目的としない「生物遺伝資源海外共同調査事業」を拡充した。1996年度に政府開発援助（ODA）に基づく開発途上国共同調査事業として開始された生物遺伝資源共同調査事業として実施した取り組みを表2-5に示した。当初、対象国が2カ国、2006年度にはパプアニューギニア、中国新疆ウイグル自治区、エジプトの3カ国で、2007年度にはパプアニューギニアが終了してエジプトが一時中止となったが、ラオス、ブータン、インドが新たに対象国に加えられ、これらの4カ国で実施された。

中国新疆ウイグル自治区とは、新疆農業科学院傘下の品種資源研究所および果樹研究所と共同研究協定（MOU）を締結して、ナシや核果類果樹について新疆ウイグル地域の遺伝的多様性の解析を行う共同研究を実施した。東西交易が盛んに行われた新疆ウイグル自治区は、果樹類の伝播を考える上で重要な地域であるとともに主要な落葉果樹の近縁野生種が豊富に分布する中央アジアと接していることから、果樹類の多様な地方品種の分布が期待された。そこで、たとえば、核果

類では細胞質DNA、ナシでは自家不和合性遺伝子をマーカーにして、果樹類の多様性解析が行われた。その結果、新疆ウイグル自治区には育種素材として興味深いナシやさまざまな核果類遺伝資源が分布しているが、改良品種などの導入によって、これらの遺伝資源が喪失の危機にさらされていることを明らかにした（佐藤ら 2008, 山口ら 2008）。またラオスやインドとは複数年にわたる共同調査や共同研究を通じて新たな遺伝資源の導入計画も進んでいる。

② 特性評価

遺伝資源の特性評価に関しては、従来の特性評価マニュアルに基づく1次特性（形態的形質）、2次特性（耐病性やストレス耐性など）及び3次特性（収量や品質など）に加えて、DNA情報に基づく類縁関係の解析や機能性成分に係る解析などから得られた情報に基づきデータベースが構築された。

保存遺伝資源の品質維持のために、種子発芽率のモニタリングを年間2万点以上実施し、低発芽率を示した材料（たとえば、イネの場合には80%以下の発芽率の材料）の種子再増殖を実施し、高水準発芽率の維持に努めた。

100種類を超える作物別の植物遺伝資源特性評価マ

表2-5 生物遺伝資源海外共同調査事業の実施期間と対象国・地域 (対象作物)

年度	共同調査の対象国・地域と対象作物		
1996		フィリピン (カンショ)	
1997	チリ (トマト野生種)		
1998		中国雲南省 (花き・1年のみ)	
1999			ベトナム (イネ)
2000			
2001	スリランカ (イネ・豆類)		
2002		インドネシア (カンショ)	
2003	(初年目FS)		韓国 (エゴマ・ゴマ)
2004		(初年目FS)	
2005	パプアニューギニア (イネ・豆類)		
2006		中国新疆ウイグル自治区 (ナシ・核果類)	エジプト (イネ) (1年で中止)
2007			
2008	ラオス (野菜・作物全般)		
2009		インド (アワ等雑穀)	ブータン (作物全般) (休止)
2010			

ニュアル (農業生物資源研究所 1987) に基づいた調査を実施するとともに、保存遺伝資源の利用性の向上を目指して、収集した近縁野生種の育種利用に資するための「育種素材化」、新たな有用特性の発掘とその評価法の開発を目指す「新規特性の評価と評価法の開発」などの研究課題が公募により実施された。このような取り組みの成果の一例として、ソバの育種素材化では、自殖性ソバ中間母本「ソバ中間母本農1号」が育成されるとともに (手塚ら 2007)、ダイズの新規特性の課題では、抗酸化活性のある α -トコフェロールやルテイン含量の高いダイズ系統が見いだされている (喜多村 2006)。

③ 保存と増殖

NIASGBで管理保全する植物遺伝資源は、2006年度末で24万点を超え、概ね順調に増加してきた (表2-4)。2006年度末現在における植物遺伝資源の保存機関ごとの作物種類別点数を表2-6に示した。ジーンバンク事業開始時の保存点数 (1984年度末時点の114,060点) の倍を超え、アクティブコレクション (配布を目的とする遺伝資源) は、1985年度末の43,540点のほぼ3倍に達した。

種子繁殖性作物に関しては、アクティブコレクションとしてセンターバンクの配布用貯蔵庫に、ベースコレクション (長期保存を目的とする遺伝資源) として永年用貯蔵庫に13万点以上が保存されている。

センターバンクで保存される作物遺伝資源種子については、発芽率の調査を5~7年サイクルで行い、発芽率の低下した種子は再増殖して常に活力のある種子が保存されている。イネでは発芽率が80%以下に低下した場合、再増殖することとし、熱帯性作物については国内では採種が困難な種類もあるため、台湾、タイ、ベトナム等の熱帯・亜熱帯の国々に依頼し再増殖を進めている。おおむね毎年4,000~5,000点の遺伝資源の種子更新が行われる。

果樹類やイモ類などの栄養繁殖性作物に関しては、大部分の遺伝資源の保存をサブバンクに委託し、主として圃場での保存を行い、農業・食品産業技術総合研究機構傘下の専門・地域研究所ならびに種苗管理センターの農場で重複保存し、安全性を確保している。なお、当面の利用が少ないクワ遺伝資源やサブバンクで保存の継続が難しいサトイモやヤマノイモ等の圃場保存は、センターバンクで行うとともに、重複保存のための液体窒素を用いた超低温保存技術の開発をめざして、第4章で述べるクワの冬芽を用いた先行的研究を実施した。

④ 情報管理

遺伝資源の来歴や特性に関するデータを安全に管理するとともに、利用者に提供できるシステムを構築し、インターネットを通じて広く一般に公開している。ホームページを通じた来歴や特性に関する情報検索が

表2-6 ジーンバンク事業で保存する植物遺伝資源の作物別・機関別保存点数

区 分	18年度 末保存 点 数	保存点数の増減			保存形態			保存区分*		
		前年度 末 計	本年度増	本年度減	種 子	栄養体	その他	未同定の コレクション	ベース コレクション	アクティブ コレクション
稲類	44,026	42,031	2,815	820	44,017	9	0	827	43,199	32,310
麦類	62,155	61,985	435	265	62,082	73	0	1,464	60,691	38,122
豆類	17,781	16,770	1,354	343	17,781	0	0	1,035	16,746	13,108
イモ類	8,817	8,517	306	6	425	8,391	1	636	8,181	4,243
雑穀・特用作物	18,868	18,743	250	125	14,830	4,036	2	1,603	17,265	10,999
牧草・飼料作物	32,882	32,757	128	3	28,023	4,859	0	6,089	26,793	16,130
果樹	10,377	10,070	418	111	87	10,290	0	3,118	7,259	4,816
野菜	26,479	26,135	526	182	24,870	1,609	0	7,730	18,749	10,712
花き・緑化植物	5,758	5,619	149	10	105	5,653	0	3,229	2,529	493
茶	7,483	7,483	0	0	1	7,482	0	1,398	6,085	1,350
桑	2,178	2,110	68	0	0	1,423	755	493	1,685	1,418
熱帯・亜熱帯植物	417	417	3	3	38	379	0	66	351	18
その他の植物	3,336	3,304	45	13	1,880	1,456	0	1,784	1,552	333
農業生物資源研究所	155,093	151,424	4,408	739	152,523	1,814	756	2,650	152,443	110,504
遺伝資源保存管理施設	130,999	129,333	1,667	1	130,244	0	755	479	130,520	103,022
その他	24,094	22,091	2,741	738	22,279	1,814	1	2,171	21,923	7,482
農業・食品産業技術研究機構	67,361	66,907	1,180	726	37,491	29,868	2	22,542	44,819	14,816
中央農業総合研究センター	280	280	8	8	228	52	0	69	211	107
作物研究所	4,600	4,569	177	146	2,980	1,620	0	1,074	3,526	1,081
畜産草地研究所	2,377	2,377	0	0	1,277	1,100	0	1,001	1,376	209
果樹研究所	8,559	8,330	239	10	85	8,474	0	3,020	5,539	3,681
野菜茶業研究所	16,995	16,917	215	137	11,206	5,789	0	6,907	10,088	2,884
花き研究所	2,305	2,305	2	2	5	2,300	0	1,352	953	50
北海道農業研究センター	7,369	7,202	183	16	4,226	3,141	2	5,044	2,325	1,069
東北農業研究センター	2,266	2,363	116	213	1,871	395	0	812	1,454	402
近畿中国四国農業研究センター	3,035	3,077	85	127	2,765	270	0	449	2,586	1,099
九州沖縄農業研究センター	19,575	19,482	160	67	12,848	6,727	0	2,814	16,761	4,234
国際農林水産業研究センター	1,683	1,683	0	0	771	912	0	1,253	430	160
種苗管理センター	11,029	10,622	530	123	2	11,027	0	2,015	9,014	5,176
家畜改良センター	422	422	0	0	0	422	0	0	422	332
指定試験地等	4,969	4,887	375	293	3,352	1,617	0	1,012	3,957	3,064
合計	240,557	235,941	6,497	1,881	194,139	45,660	758	29,472	211,085	134,052

注) * 保存区分がベースコレクションのものは長期に保存するもので、アクティブコレクションはその中でも配布可能なもの。未同定のコレクションは、特性評価が終了しておらず、評価後にベースコレクションにするかが判断される。

可能なシステムを構築するとともに、豆類や麦類などの代表的作物の表現形質の画像の閲覧や配布依頼申込の様式を取り込むことができる。これらの公開情報だけでなく、特性評価データや画像情報をサブバンクから直接入力できるシステムを開発し、入力データを瞬時に利用者が検索できるシステム構築を目指してきた（URL：http://www.gene.affrc.go.jp/index_j.php）。

4. 海外のシードバンクへの技術支援（JICA）

開発途上国における最重要課題は、飢餓の撲滅と生活基盤の安定に不可欠な農業の振興と農村の発展である。それには、農作物の品種改良と改良品種の特性を十分に発揮させるための栽培技術の改良が急務である。このため、農作物の品種改良のための育種素材としての遺伝資源の収集・保存の重要性を認識した途

表2-7 JICAによる技術支援プロジェクトの活動

プロジェクト名	目 標	技術協力内容	著者が関連した活動
スリランカ植物遺伝資源センター計画 (1988-1993, F 1993-1995)	植物遺伝資源の収集、保存、評価および利用を通してスリランカ国の作物の品種改良を促進する。	遺伝資源の探索・収集・導入、評価・増殖、保存および関連する情報処理・管理。 これらに関する情報、データおよび研究材料の交換。	アミノ酸分析に関する短期専門家、研修生の受け入れ・指導。
チリ植物遺伝資源計画 (1989-1993, F 1994-1995)	作物品種改良の効率化により、チリ国の農業生産性の向上に寄与する。	植物遺伝資源の探索・収集、保存、増殖、評価。 遺伝資源導入における隔離検疫システムの確立。 果樹、野菜、油料作物等の育種におけるバイオテクノロジーの利用。	第3国研修プロの事前評価団の一員。 研修生の受け入れ・指導。
パキスタン植物遺伝資源保存研究所計画 (1993-1998)	作物遺伝資源の収集、評価、保存、記録および配布等の活動を強化し、その効果的な手法を開発することによってパキスタンにおける作物改良に寄与する。	探索収集と有用遺伝資源の導入、種子及び栄養体の保存法開発。 種子の再増殖。 特性評価とDNA等による多様性解析。 情報管理のためのデータベース構築。	研修生の受け入れ・指導。
ミャンマーシードバンク計画 (1997-2002)	探索・収集、分類・評価、保存・増殖、データ管理、研修、情報交換を通じて、ミャンマーにおける植物遺伝資源分野の活動の強化および有効な手法を確立し、農業生産および生産性を向上する。	遺伝資源の探索収集、分類評価、保存増殖、データ管理。 遺伝資源と情報の交換に関する遺伝資源管理システムを確立。	プロジェクトの中間評価団の一員。 研修生の受け入れ・指導。

注) プロジェクトはいずれも5年間で実施されたが、スリランカおよびチリでは、フォローアップ (F) としてそれぞれ2年間継続実施された。

上国政府から、植物遺伝資源の収集、保存、評価、利用を図るため、必要な施設整備と技術支援の要請が高まった。これを受けて、1980年代後半頃から、開発途上の数カ国に対して、国際協力事業団 (JICA: 現在、国際協力機構) は、無償資金協力による施設建設と植物遺伝資源の収集・保存に関わる技術協力プロジェクトを開始した。ここでは、わが国が推進した遺伝資源の保全と持続的開発に関する主要な開発援助プロジェクトについて述べる (表2-7)。

(1) スリランカ

1988年にJICAによるプロジェクト方式技術協力「スリランカ植物遺伝資源センター計画」が開始された。植物遺伝資源の収集・保存・評価・利用を促進するため、「植物遺伝資源センター」(Plant Genetic Resources Centre, PGRC) がキャンディ県ペラデニヤの農業開発研究省農業局中央農業研究所 (CARI) の構内に設置された。この計画では、農作物の改良のために収集・導入した植物遺伝資源とそのデータの管理システムの構築、並びにプロジェクト完了後に独自運営ができる水準にまで現地研究者の技術力を高めることをねらいとした。遺伝資源の管理・保全に必要な技術の移転により技術水準の向上を図り、適切な遺伝資源の管理・保全体制の確立を目指した。

本技術協力プロジェクトの具体的な内容としては、

①遺伝資源の探索・収集、②遺伝資源の分類・評価、③遺伝資源の保存・増殖、④遺伝資源に関わる情報処理・管理及び⑤これらの課題に関する情報、データおよび研究材料の交換が行われた。プロジェクト実施期間中に、長期の専門家7名に加え、短期専門家21名が派遣され、農業生物資源研究所等の研究機関で現地スタッフ26名のカウンターパート研修を実施した (国際協力事業団 1993, 1997)。

遺伝資源の探索・収集・導入に関しては、プロジェクト開始後5年間で24回の国内調査、また、プロジェクト後半では、国際機関や外国研究機関との共同収集調査を実施し、国際機関等からの遺伝資源の導入も行われ、受け入れ総数は約9,000点に達した。

遺伝資源の分類・評価では、近隣のペラデニヤ植物園、ペラデニヤ大学との協力により、IBPGR版を改良した41作物のディスクリプターを作成し、これを活用した品種判別特性調査を実施した。

本プロジェクトによりスリランカ国内で収集・保存された遺伝資源は、イネなどの主要作物を含め5,000点以上に達した。さらに、難貯蔵性種子のニガウリやカンキツ類の種子の最適貯蔵温度を明らかにするなど成果が得られた。栄養繁殖性作物では、圃場保存と併行して組織培養によるインビトロ保存を導入した。地域ジーンバンクの協力を得て6,000点近くの遺伝資源の再増殖を行うことができた。遺伝資源の情報管理

については、保存された遺伝資源の来歴データの整理が終了するとともに、保存管理データ、特性評価データの整理を進めた。しかし、コンピュータ等の維持・管理について、予算的支援が必ずしも十分でなく、さらなる支援が必要とみられた。

筆者は、新たに収集された遺伝資源の質的形質の評価手法として、種子の遊離アミノ酸や貯蔵タンパク質のアミノ酸組成の分析に関する短期専門家として参加し、現地スタッフに豆類の種子貯蔵タンパク質の構成アミノ酸の解析と水溶性遊離アミノ酸の分析手法などを指導した。その成果として、数種の作物種子について水溶性アミノ酸組成を明らかにした。また、日本側に複数の研修員を受け入れ技術移転に努めた。

(1) チリ

1988年に両国が同意した討議議事録（RD）に基づいて、チリ農牧研究所（INIA）における遺伝資源の保存及び研究活動を強化し、作物改良の促進を図ることを目的に、1989年1月よりプロジェクト方式技術協力「チリ植物遺伝資源計画」が開始された。

主な実施活動は、次の5つの項目にわたった。

- ① チリ国内における全体的な遺伝資源収集戦略に基づいた普通作物、牧草、野菜類等の収集。
- ② コムギ、トウモロコシ、イネ、マメ類など13,000点（1989-1993）の再増殖。
- ③ 栄養繁殖性のバレイショならびにカンショの組織培養保存（計350点）、種子繁殖性作物（1993年段階で合計40,550点）の永年用貯蔵施設（ベースバンク）及び3ヵ所の配布用貯蔵施設（アクティブバンク）での保存。
- ④ IBPGR ディスクリプターを活用したトウモロコシ、マメ類、コムギ、イネ、オオムギなどの特性評価、電気泳動法による小麦の種子タンパクの分析および特性データのデータベース化。
- ⑤ データの登録・処理については、既存の利用可能なデータの規格化を行うとともに、情報管理システムの設計とデータベースの構築を進め、保存目録の作成や情報ネットワークの確立についても取り組んだ（国際協力事業団 1993）。

さらに、国際的な遺伝資源の流通促進を想定した検疫システムの確立や細胞工学および遺伝子工学技術による遺伝資源の利用に関する研究につながる比較的高度な技術の導入も実施した。

筆者は、継続したプロジェクト支援と周辺諸国への

技術移転のための第3国研修プロジェクトの立ち上げに関する事前評価を行った。その評価に基づいて、チリ南部のテムコにあるカリヤンカ試験場を中核とした研修コースが5年間にわたって第3国研修として実施されることになり、周辺諸国からチリ国およびわが国が高い評価を受けた。

(3) パキスタン

パキスタンにおいては、農業の生産性向上が緊急課題であるとともに、多くの作物種の多様性の中心地となっており、植物遺伝資源の保全がきわめて重要になっていた。一方、改良品種の普及と経済発展による都市化の進行に伴い、各地で永年にわたり栽培されてきた地方品種の消滅、すなわち、遺伝的浸食が急速に進んできた。パキスタン国内で収集された遺伝資源も、適切な種子保存施設がなく、長期保存が困難であった。そこで、パキスタン政府の第7次5カ年計画のなかで、多収性品種を用いた農業生産の増大とともに植物遺伝資源の保全が国立農業研究センター（NARC）の研究活動の最優先項目として位置づけられた。

わが国に対して1989年にパキスタン政府は、農作物の育種素材となる植物遺伝資源の収集・保存・評価に必要な施設および技術の支援を要請してきた。これに対して、わが国は、新たなジーンバンクの建設支援および種子保存システム開発の技術協力を行うことを同意した。

1993年には、JICAによる無償資金援助の下で「植物遺伝資源保存研究所（PGRI）」の施設が完成し、5カ年計画で穀類や豆類を中心に作物遺伝資源の収集、評価、保存、記録および配布など効率的な手法を確立するため、プロジェクト方式技術協力「パキスタン植物遺伝資源保存研究所計画」がJICAにより開始された。

このプロジェクトの具体的な活動目標と内容は、次のとおりであった（国際協力事業団 1998）。

- ① 国内遺伝資源の分布調査に基づいた収集優先度の決定と収集品の取り扱いと来歴情報の整理および遺伝資源の組織的な収集方法の確立。
- ② 国内で収集できない有用資源の導入、種子伝染性病原の同定、種子伝染性病原の汚染種子寿命に及ぼす影響と適切な種子増殖方法の検討。
- ③ 種子貯蔵条件の改良および難貯蔵性種子の貯蔵法の研究、栄養繁殖性作物の試験管内保存技術の確立、超低温保存技術の導入および効率的な種子再

増殖の実施。

- ④ IBPGRのディスクリプターに基づく評価形質の決定ならびに遺伝的多様性ならびにDNA多型解析。
- ⑤ 遺伝資源の情報管理のためのデータベース構築、保存遺伝資源目録の出版。

筆者は、プロジェクトに参加するとともに、多くの研修生を受け入れ、主に種子の保存と休眠に関連して、発芽調査方法や種子の活力検定の化学的方法などに関する指導にあたった。

(4) ミャンマー

ミャンマー連邦には多くの貴重な植物遺伝資源が分布している。特にイネについては5種の野生種の存在が報告されているが、地理的分布や遺伝的多様性についての調査と探索・収集は行われていなかった。その一方で、近年、高収量品種の育成と普及が進んだ結果、伝統的に栽培されてきた地方品種の消滅に伴う遺伝的浸食が急速に進行し、貴重な遺伝資源の喪失が憂慮されてきた。

そこで、JICAによる無償資金協力によりシードバンクの建設とその施設並びに関連機材が1990年に供与された。しかし、ミャンマー側の国内事情により見送られていたプロジェクト方式技術協力「ミャンマー・シードバンク計画」が1997年に開始された。

この協力計画の目標は、ミャンマーにおける植物遺伝資源の探索・収集、分類評価、保存増殖、データ管理、情報交換に関する管理システムの確立にあり、ミャンマー側職員によって管理運営されたシードバンクを拠点にしてプロジェクトが実施された。

プロジェクト期間中に、次のような取り組みが行われた（国際協力事業団 2001）。

- ① 遺伝資源の探索・収集に関しては、原則として国際機関との共同調査として17回の探索調査が行われ、イネ約700点を含む1,300点余の遺伝資源が収集された。遺伝資源の農家保存、生息域内保全、探索計画の立案に有効な分布地図が作成され、IPGRI主催の国際会議において公表された（Maw *et al.* 2000）。
- ② 遺伝資源の分類評価では、国際稲研究所（IRRI）や国際植物遺伝資源研究所（IPGRI）作成によるディスクリプターを参考にして、23種類の作物に関する独自のディスクリプターが作成された。それに基づいてイネを中心に8,700点の遺伝資源についての分類評価が行われた。

- ③ 保存増殖との関連では、短期ならびに長期保存の二重保存方式を採用し、高い発芽率を維持できる乾燥・保存が可能になるとともに、合わせて8,700点の遺伝資源の種子増殖が実施された。さらに、収穫後の種子調整、発芽率検定、保存種子の定期的モニタリング等の方法が確立され、低発芽率種子は新しい種子に更新された。

- ④ 遺伝資源データの管理に関しては、来歴、特性、在庫に関するデータベースが構築された。また、収集された種子の保存目録を出版した。

- ⑤ 遺伝資源情報の交換については、合わせて680点が国内機関、4,555点が海外機関に配布され、セミナーやワークショップ等による情報交換が積極的に行われた。

このプロジェクト実施機関中に、わが国からは13名の短期専門家と7名の長期専門家が派遣されるとともに、32名のカウンターパート研修（うち14名は日本での研修）が実施された。

筆者は、本プロジェクトの中間評価団の一員としてミャンマーを訪問し、アクティブコレクション、ベスコレクションの管理のあり方について現地スタッフに対し助言と指導を行うとともに、農業生物資源研究所ジーンバンクで研修生の指導を行った。

(5) その他の諸国

JICAスキームによる新たな植物遺伝資源に関する技術協力の構築の可能性を探るため、筆者は2000年4月にイラン並びにシリアを訪問した。イランは、共同研究等の対等な立場での協力を指向しており、JICAスキームによる協力にこだわらない取り組みを模索すべきと判断した。また、シリアについては、全体的にはODA協力の必要性は感じたが、すでに国際乾燥地農業研究センター（ICARDA）がシリアの遺伝資源を保存しており、シリア独自の保存の取り組みを支援する積極的な必要性をあまり感じないこと、遺伝資源を活用した育種等の取り組みに対して積極的には取り組んでいないことなどから、協力関係構築を積極的に進める必要があるとはいえないという結論に達した（国際協力事業団 2000）。

さらに、海外遺伝資源共同調査の取り組みとしては、前述のインドネシア（カンショ）、パプアニューギニア（イネ、マメ類）、中国新疆ウイグル自治区（果樹類）との間での共同研究協定（MOU）の締結に基づいて、現地における多様性の解析や遺伝資源の収集調査を実

施した。さらに、新たにブータン、ラオス及びインドとの間でMOUを締結した。

筆者は、インドネシア、中国新疆ウイグル自治区及びブータンについて、共同研究協定のMOU締結に向けた事前調査を行った（佐藤ら 2005）。新疆ウイグル自治区とは、事前調査直後にMOUが締結されたが、インドネシアおよびブータン（長峰・白田 2001）については、MOUの締結までに数年を要した。

5. 遺伝資源の保全と持続的開発の国際協力（JIRCAS）

国際農林水産業研究センター（JIRCAS、元熱帯農業研究センター）では、途上国の植物遺伝資源の保存・利用に関して現地の研究機関と共同研究を実施してきた。その取り組みの一つとして中国雲南省におけるイネ遺伝資源利用の共同研究がある（伊勢ら 1999）。中国南西部に位置する雲南省は地形の変化に富み、イネの栽培は熱帯低地から標高2,500m以上の冷温高地にまで及んでいる。標高の違いにより栽培時期や品種分布が異なっており、低標高地帯ではインド型のイネ、高標高地では日本型のイネが栽培され、標高1,500m付近でインド型イネと日本型イネが入れ替わるなど、地域の特徴から多様な地方品種が分布する地域である。

イネ遺伝資源に関する共同研究は、1982年から15年にわたって進められ、その間に雲南の地方品種に比べ

て、稈長が短く耐倒伏性に優れ、高収量性で良品質の「合系24号」（JP73676）など11の改良品種の育成に成功した。これらの新品種の作付面積が1993年には8万ha、プロジェクト最終年には20万haに達し、合系品種の重要性がますます増大している。この共同研究の覚書のなかには、日中双方のイネ遺伝資源を活用して育種を行うことが明記され、それに必要な遺伝資源の交換が明記された。これに基づいて15年の間に700点余りの品種が交換され、このプロジェクトを通じてジーンバンクには947点が登録された（表2-8）。わが国から提供された品種には「トドロキワセ」（JP6490）のように交配親として用いられ、優良品種育成に直接役立つものも少なくなかったが、中国からの導入品種は、耐肥性に劣り、品質も劣悪なものが多く、わが国での実用品種の育成に直接利用されるには至っていないが、高度耐冷性の特性を導入した中間母本の育成などが進められてきた。2007年には、1984年にジーンバンクに登録された中国雲南省の稲品種「豪乃煥（ハオナイファン）」（JP43465）が持つもち病抵抗性を日本品種に導入することにより、「中部111号」が育成され、品種登録の申請が行われた（愛知県農業総合試験場 2008）。

6. 考察

農業生物資源ジーンバンク（NIASGB）事業は、農

表2-8 雲南プロジェクトの経緯と導入されたイネ遺伝資源

年度	導入イネ遺伝資源の点数	事 項
1980		日中閣僚会議の開催：雲南省農業科学院と「遺伝・品種改良分野」で研究開発プロジェクト発足
1982		水稻遺伝資源に関する共同研究（15年間）
1984	100	
1985	26	「遺伝資源の利用による水稻の耐冷、耐病、多収品種の育成に関する共同研究」の実施
1986	201	
1989	233	育種目標は、1）いもち病抵抗性、2）耐冷性、3）品質・食味、4）多収など
1990	19	
1992	14	
1994	354	1993年には、合系品種の栽培が8万haに普及 1994年に合系11系統（ハイブリッド）の品種登録 最終年の1996年には雲南地域で20万haに普及
1995		
1996		
合計 947 点		

業生物資源研究所をセンターバンクとし、農業・食品産業技術総合研究機構、農業環境技術研究所、国際農林水産業研究センター、種苗管理センターおよび家畜改良センターの各独立行政法人をサブバンクとした多数機関のネットワークによる組織横断的活動に大きな特色がある。この活動では、植物部門では作物別に専門的知識を有する各研究機関の研究者にキュレータを委嘱して、植物遺伝資源の分布や浸食状況とともに、専門領域ごとの育種戦略を勘案して優先的に収集すべき作物の種類や分布地域を検討するための効果的な取り組みを行っている。また、遺伝資源の特性評価や種子再増殖に関しても、それぞれの作物の育種を担当する研究機関に依頼する体制をとっており、データや情報に対する信頼性を高めることに努めてきた。

文部科学政策の一環としての「知的基盤整備計画」(文部科学省 2001)では、①生物遺伝資源等の研究材料、②計量標準、③分析方法および④データ管理の4分野について、2010年及び2020年までの達成目標を掲げて整備を進めている。この整備計画では、ジーンバンクが1985年より実施してきた遺伝資源の収集・保存・提供とほぼ同様なシステムを各種の生物遺伝資源等の研究材料に汎用するものとなっている。この計画で作物遺伝資源に関しては、2020年までに60万点まで拡充する目標が掲げられている。2005年現在では、NIASGBや大学等を合わせて約37万点と集計されている(文部科学省 2007)。しかし、この知的基盤整備計画で整備する生物遺伝資源の多くは、科学研究のための突然変異系統などに重点がおかれている。

NIASGBで保存される系統の多くが農作物の地方品種であること、また、NIASGBでは、多種類にわたる作物の遺伝資源を保全する必要があることから、科学研究のために同種類の作物の多数の変異体を保存する大学等の取り組みとは、達成目標や規模などが自ずと異なる。NIASGBでは、農作物の地方品種の収集と改良品種の保存などにより保存数の拡充を図ってきた。一部に人為突然変異系統なども保存されているが、きわめて限定的である。

第1章で論じた通り、近年における分子生物学や生物工学技術の進展による遺伝資源の概念や範囲の変化および生物資源に対する権利意識の激変に伴い、ジーンバンク事業のあり方、管理運営方針、情報提供方策などに関する抜本的な見直しが必要になっていると考えられる。現在はイネゲノムプロジェクトで蓄積された完全長cDNAやマイクロアレイなどのDNA素材や

ミュータントパネルの種子については、ゲノムリソースとしてジーンバンク事業とは一線を画した扱いとなっている。農業研究のための知的基盤として、あらゆる種類の遺伝資源を統一的に管理して確実に保全し、効率的に提供するシステムを構築する必要があると考えられる。そのためには、従来から積み上げてきた活動実績を核にして、国内外の多様なパートナーとネットワークを形成し、パートナー間の一層の連携による活動の強化を図ることが重要になると考えられる。

今後のジーンバンク事業の活動と運営に関して、次のような点で改善を図る必要があると考えられる。

① 探索・収集

従来からの探索・収集計画では、それまでの収集実績、育種的ニーズ、実現の可能性等を考慮して立案されてきた。今後は、従来取り組みの弱かった農作物の近縁野生種をはじめ、野菜類や特用作物等も視野に入れ、国内外の収集に取り組むことが重要と考えられる。しかし、1992年以降、生物多様性条約(CBD)の発効に伴い国内法の整備が各国で進んでおり、海外からの遺伝資源の導入にあたり、導入元国の許可が容易に得られないことから、事前調査と折衝を慎重に行う必要がある。たとえば、折衝相手国研究者と共同研究を組み、その一環として遺伝資源の収集だけでなく、それらの評価や利用まで含めた取り組みなどが求められることになろう。CBDならびに食料農業植物遺伝資源条約(ITPGR)の下では、直接、現地に入る探索・収集には、受け入れ側の責任ある部局の同意が不可欠である。さらに、できれば国際機関の協力を得て共同調査のかたちで遺伝資源の探索・収集を実施することが望ましい。

② 保存と維持

2006年度末現在、NIASGBに保存されている植物遺伝資源24万点のうち、種子保存は約19.5万点、栄養系保存は約4.5万点ほどである。前者は主としてセンターバンクの種子貯蔵庫、また、後者はサブバンクの圃場にそれぞれ保存され、事故などによる消失を防止するために、一部は重複保存が行われている。遺伝資源種子はセンターバンクで長期保存用と配布用に分けられて二重保存されているが、再増殖に伴うランダムドリフト(無作為浮動)による集団の変質を最小限に抑えるために、長期保存用種子が再増殖に用いられている。また、長期貯蔵用ならびに配布用の遺伝資源種子は、いずれもつくば市の近距離に位置する異なる施設に保存されており、不慮の災害などによる遺伝資源の消失

を防止する十分な重複保存とは必ずしもいえない。

不慮の災害や事故などによる遺伝資源の消失を防ぐためには、長期保存用ならびに配布用の遺伝資源種子とは距離的にも離れた別の場所（国際機関など）に重複保存することが肝要と考えられる。すなわち、現行の配布用中期貯蔵、再増殖用長期貯蔵のほかに、絶滅や消失を防止するための永久貯蔵を加えた重複保全システムを新たに構築する必要があると考えられる。そのような永久貯蔵には、液体窒素による超低温保存の有効活用も可能性があり、また、Bioversity Internationalなどが呼びかけているノルウェーのスバルバル諸島の永久凍土下での種子保存の取り組みへの参加も検討に値すると考えられる。

また、責任を持って栄養体保存する研究機関が少ないため重複保存が困難なクワ、キク及びイグサなどの作物については、圃場保存とともに液体窒素による冬芽や茎頂等の器官の超低温保存が特に有効と考えられる。

③ 特性評価と利活用

現在までのところ、100余種の作物の遺伝資源特性評価マニュアル（農業生物資源研究所 1987）が作成され、特性評価に利活用されている。たとえば、イネの調査項目としては、出穂期、成熟期、病害虫抵抗性および品質など品種改良に重要な形質が選ばれ、特性調査が行われているが、さらに、環境耐性やアレロパシーなどの新たな形質、あるいはゲノム研究の成果としてのcDNAやDNA多型などの分子マーカーに関するデータの蓄積など、研究の進展に伴う新たな情報を取り込む工夫が重要と考えられる。このことに関連して、現在進行中の公募による研究課題を選定して継続するとともに、これらの研究で得られる成果を速やかにデータベース化して、情報提供することが特に重要である。

国内外の多くの利用者に提供された遺伝資源に関しては、配布申請件数の約8割は、特性評価や遺伝子解析に用いられ、既存の特性情報を実際の品種改良に利活用するケースは1割強に留まっていた（Shirata *et al.* 2000）。特性評価マニュアルにしたがい特性情報を継続的に充実させて提供することが重要である。成分分析などによるスクリーニングを容易に行うためのコアコレクション（ジーンバンクで保存する遺伝資源の中から選定した、その作物の遺伝的変異を幅広く包括する代表的な品種・系統のセット）の選定や多量の材料を安価に提供できるシステムづくりも必要と考えられる。

食料農業植物遺伝資源条約（ITPGR）への加盟を視野に入れて、作物リストに記載された作物について、配布可能な遺伝資源を早急に整理するとともに、種子量不足により配布不可能な遺伝資源に関しては、配布可能とするための計画的取り組みが必要になると考えられる。

④ 国際的交流と協力

日本のように主要農作物の遺伝資源を専ら海外に依存せざるを得ない国では、遺伝資源の保全や持続的開発には、海外との連携協力が不可欠であり、そのための人材養成と戦略づくりが必要である。ITPGRにおいても開発途上国における能力開発のための国際協力が重要な課題として取り上げられている。したがって、従来から進めている国際協力機構（JICA）による植物遺伝資源集団研修コースの強化や植物遺伝資源の保全に関する技術協力プロジェクトなどへの積極的な推進はもとより、東アジア地域ネットワーク構築への協力や生息内保存のための多様性解析など、ジーンバンク独自の共同調査事業を企画し、新たな法制的枠組みの中で、遺伝資源の保全と持続的開発を国際協調のもとで推進することが肝要と考えられる。

NIASGBでは、従来にも増して大学や民間を含む多様なパートナーとの間でネットワークを構築し、一層開放的な方向で事業展開できるように条件整備を進める必要がある。このようなネットワークを世界的規模に拡大するには、ITPGRの発効は好機でもある。国際的な遺伝資源に関する協議に関して、ITPGR成立までは、遺伝資源の利権に関して南北の意見が対立し、法制面に論議が集中した。しかし、条約が発効し、その運用を考えた場合、遺伝資源研究や育種の発展を阻害しないような現実的な取り組みが必要と考えられる。たとえば、わが国がFAO信託基金に拠出して進めている「アジア地域における植物遺伝資源の保存と持続的利用を改善するための能力開発と地域協力」（Capacity Building and Regional Collaboration for Enhancing the Conservation and Sustainable Use of Plant Genetic Resources in Asia）の取り組みなどを通じて、ジーンバンクが国内外のパートナーとのネットワークを構築する拠点としての役割を果たしていくことが重要と考えられる。

遺伝資源保有国との協力関係のあり方については、JICAによる無償資金協力和技術協力を組み合わせた協力のほかに、国際機関の資金を活用した技術・研究協力を合わせて進めていくことも重要であり、また今

後共同調査にあたっては、JICAなどを通じた一方的な技術移転ではなく、双方が対等の立場から遺伝資源の保全と持続的開発に資する共同研究を進めるなかで、CBDやITPGRのルールに基づいた遺伝資源の交換を行うことが重要となろう。

第3章 作物遺伝資源の管理・保全技術の改良

第1章でも論じた通り、植物遺伝資源の多様性を維持・保全することは、地球環境の保全のみならず、食料不足やエネルギー資源の枯渇などの地球規模問題の解決にもきわめて重要である。このため、各国の研究機関や国際研究機関は遺伝資源の保全活動に精力的に取り組んでいる。

植物遺伝資源の保全の方法は、二つに大別される。第一の方法は、遺伝資源となる植物を生息域から持ち出してジーンバンクなどの施設に保存する生息域外 (*ex situ*) 保存であり、種子、栄養体、花粉、培養組織、DNAなど様々な材料を効率的な方法により安全に永続的に保存できる。第二の方法は、生息域を含む生態系を維持・保全する生息域内 (*in situ*) 保全である。後者は、領域や権利問題のほか、解決を要する技術問題などもあり、実現例は、トルコでのコムギやレンズマメ等の作物近縁野生種の保存 (Ten and Ten 2002) やコスタリカにおけるリマビーンンの保存 (Rocha *et al.* 2002) など、必ずしも多くない。

農業生物資源ジーンバンク (NIASGB) では、種子繁殖性作物の遺伝資源は、センターバンク (農業生物資源研究所) の種子保存庫に種子として保存されている。また栄養繁殖性作物の遺伝資源は、圃場で栽培されたり、あるいは塊茎根などの栄養体として保存されたりしている。

本章では、NIASGBにおける植物遺伝資源の管理・保存の歴史を振り返り、現状と問題点を明らかにするとともに、栄養体保存技術の改善について、筆者が主体的に関与した研究成果について述べる。

1. 種子貯蔵の原理と可能性

農作物種子を長期間安全に保存するには、種子保存庫の適切な管理と環境設定とともに、貯蔵に適した健全種子の確保が重要である。遺伝資源保存にあたっては、種子の寿命、発芽、増殖などに関する専門知識が

必要である。

農作物種子の寿命には、温度と湿度が深く関わっており、普通種子 (orthodox seed) の場合、貯蔵には低温低湿条件が適している。Robert (1960, 1961) は、種子含水率と貯蔵温度が種子発芽率の維持に強く影響するとし、これらの要因と保存種子の発芽率との関係をイネ、コムギ、オオムギ、ソラマメおよびエンドウについて調べた。それらの結果、種子含水率と貯蔵温度から種子寿命を予測する次のような実験式を導いた。

$$\text{Log } P_{50} = K_V - C_1 M - C_2 T$$

なお、 P_{50} は発芽率が50%に低下するまでの期間 (週)、 M は種子含水率 (%), T は種子貯蔵温度 (°C), K_V , C_1 および C_2 は植物の種類により異なる定数。

一部の樹木や熱帯果樹などの中には、種子が低温や乾燥に弱く、ある程度以上の温度と湿度が保持されないと死滅してしまうワサビ、コーヒー、カカオ、チャ、カンキツなどの難貯蔵種子 (recalcitrant seed) がある。普通種子とは異なる難貯蔵種子について、中村 (1993) は、温度と湿度に対する感受性の違いから次の3種に類別できるとした。

- ① クルミ、ワサビ、ゴム等の長期保存に湿潤で、ある程度の低温を必要とする作物
- ② コーヒー、パパイア等の乾燥・低温に弱い作物
- ③ ニガウリ、ハヤトウリ等の低温に弱く乾燥には比較的強い作物

難貯蔵種子は、熱帯植物や水辺植物に多くみられ、その寿命の短さは生育環境に適応した結果とみることができる。

種子の含水率は大気中の相対湿度によって決まるが、同じ湿度の下でも平衡に達する種子の含水率は作物の種類によって異なる。油脂含有率の高いナタネやエゴマなどの種子ほど含水率が低くなる傾向がみられる。Harrington (1970) は、種子の長期貯蔵には15%の気中相対湿度で平衡に達する含水率の種子が最も適していると報告した。

通常、ジーンバンクでは、貯蔵種子の高い発芽率を長期間維持できる長期保存 (base collection) のための長期貯蔵庫ならびに要請に応じて配布するための中期保存 (active collection) に必要な中短期貯蔵庫を設置し、二段階保存方式がとられている。国際農業研究協議グループ (CGIAR) 傘下の国際植物遺伝資源理事会 (IBPGR, IPGRI) を経て、現在 Bioversity International) では、長期貯蔵施設の保存条件とし

て、乾燥種子（水分含量3～7％程度）を－18℃～－20℃で保存することを、中期保存には含水率7％以下で、15℃以下の温度条件での密封保存を推奨している（IBPGR 1985）。

わが国における遺伝資源種子の保存技術発展の変遷を見ると、1965年に「新しい遺伝資源管理のプロジェクト」が発足し、1966年に神奈川県平塚市の旧農業技術研究所内に種子貯蔵庫を中心とした貯蔵施設、いわゆる「シードバンク」が設立された。

伊藤（1977）は、Robert（1960, 1961）の実験式を基礎にして、自ら収録したイネ等のデータを用いて計算した結果、10年程度の貯蔵期間では、この関係式から発芽率を比較的高い精度で予測できることを明らかにした。その後、研究所の筑波移転に伴い、1977年には茨城県つくば市の農業生物資源研究所内に長期貯蔵庫、1988年には生物遺伝資源管理施設の一部として140㎡の広さの貯蔵庫が設置された。現在では、前者を長期（永年用）貯蔵庫として利用し、温度－10℃、相対湿度30％の条件で、約190ccの真空巻締缶に種子を封入して保存している。また、後者は配布用種子貯蔵庫として活用し、温度－1℃、相対湿度30％の条件で、スクリーキャップのついた380ccのプラスチックボトルに入れて保存している（図3-1）。



図3-1 配布種子用のプラスチック瓶（右）と永年貯蔵種子用の真鍮缶（左）

に行う必要がある。普通種子の場合、収穫後風乾してある程度水分率を下げれば、翌年の播種期までは高い発芽率を保持できる。しかし、それ以降、とくに梅雨期を過ぎると、発芽率は急速に低下する。普通種子の貯蔵性を高めるには、乾燥が最も重要な要因であり、保存温度だけでは必要十分条件とはならない。すなわち、貯蔵用種子は収穫後速やかに乾燥処理を行い、含水率を5～7％程度に下げて貯蔵することにより高い発芽力を維持することができ、さらに低温条件が加われば、貯蔵期間を延長できる。

NIASGBにおける貯蔵種子の管理は、図3-2のような流れで実施されている。収穫された種子をジーンバンクで受け入れるまでの間の取り扱いと保存状態が、入庫後の種子の保存性に大きく影響することが経験的

2. 貯蔵用種子の管理技術

農作物の種子を長期間、高い発芽率を維持して保存するには、収穫から保存までの間の種子の管理を厳密

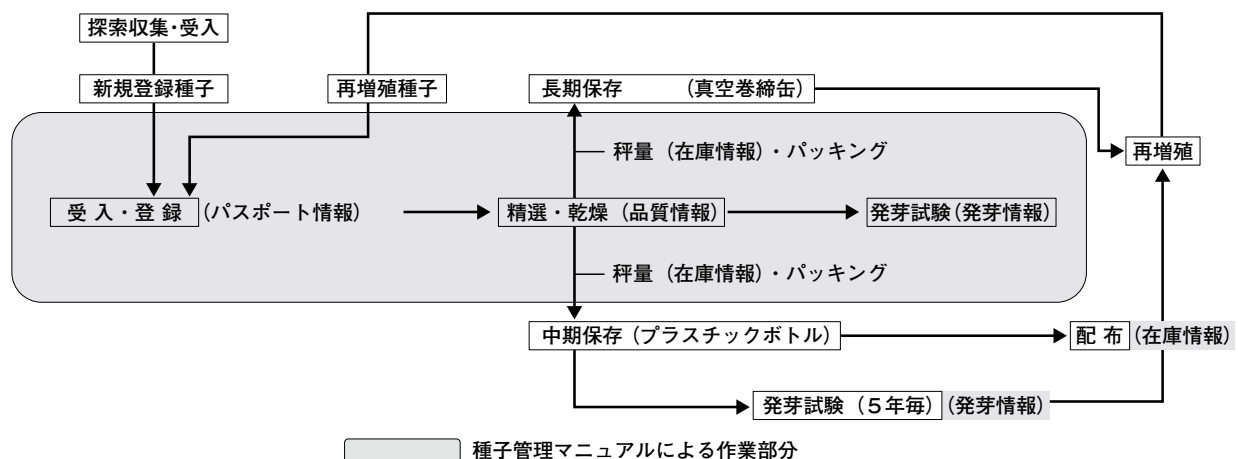


図3-2 農業生物資源ジーンバンク（NIASGB）における種子の保存管理の流れ

に知られている。そこで、受入種子については、乾燥処理の前に発芽率を調査することをマニュアル化した。この時点ですでに発芽率の低い材料も認められるが、原因としては、収穫後、水分含量の高いまま高温条件下に放置されたことなどが考えられる。そのため、ジーンバンクで受け入れた種子は、速やかに相対湿度20%、温度20℃の乾燥室に移し、約2週間～2か月間かけて、種子の含水率を概ね4～7%程度にまで低下させる。

さらに、種子保存の前に種子量や発芽率の調査とともに、種子の均一性や汚れ等の質的評価を行っている。また、長期保存用と配布用のそれぞれの総種子量を計測する。これらのデータは、すべてデータベース化し、長期貯蔵庫と配布用貯蔵庫にわけて在庫管理している。1品種・系統につき1回の配布種子量（イネやムギ類の穀類では約7g）の少なくとも5倍以上の種子を保存している。

3. 種子管理マニュアルの作成

ジーンバンクにおける長年の実績を踏まえ、保存種子の取り扱いに関して、現在実施している新規受入種子ならびに増殖受入種子の管理マニュアルを表3-1および表3-2に示した。表3-1に示したように、新規受入品種については、登録・入庫済み品種との異同の確認を行い、新たな種類の植物の場合には、精選、乾燥、発芽試験などを行い、配布単位量を決定して貯蔵庫に収納する。

一方、ジーンバンクの保存種子量が不足し、あるいは発芽率の低下した材料で、増殖に適した場所で増殖されて戻ってきた増殖受入種子については、表3-2のように増殖依頼文書および増殖依頼リストを確認した後、精選、乾燥、発芽試験、入庫の手順で作業を進める。

「受入・登録」の後、表3-1あるいは表3-2の種子管理マニュアルに基づいて作業が進められるが、作業によるケアレスミスをできるだけ排除した入庫作業を行うことが種子管理を行う上できわめて重要である。

伊藤（1977）は、種子の長期貯蔵に適した乾燥・低温条件は、種子の貯蔵管理作業に携わる人には快適ではないため、貯蔵庫内の作業を無人化あるいはロボット化する必要があることを指摘した。その結果、NIASGBでは、長期貯蔵用ならびに配布用のいずれの種子貯蔵施設においても、作業者が貯蔵庫に入らないで作業ができるように、自動制御により貯蔵種子を取り出せるロボットシステムが採用された（図3-3）。

温帯域で栽培されている多くの農作物の種子は、乾燥・低温条件下で保存するのが最もよいと考えられる。NIASGBで保存されている約19万点の種子遺伝資源の大部分が温帯作物であることからみて、それらの種子貯蔵は、先述の種子管理マニュアルに従って行うのが妥当と考えられる。



図3-3 庫内が温度-1℃、相対湿度30%に制御された配布用種子貯蔵庫

表3-1 農業生物資源ジーンバンク（NIASGB）における新規種子受け入れ作業手順（操作マニュアル）

業 務	作 業 内 容	
種子受け入れ	1. 種子 + 送付リスト受領 ・ 受け入れ表へ記入（受入表作成） 2. 受け入れ番号付与・DB登録 3. 受け入れ進行表記入（進行表に順次記入） ・ 送付リスト・進行表供覧 4. 種子チェック ・ 種子，送付リスト，パスポートデータをみて二重保存の防止 ・ 不明情報の問い合わせ ・ 二重受け入れのものは増殖扱い ・ 配布単位量の決まっていないものは決定する 5. 発芽試験用種子取り ・ 発芽試験表記入（発芽試験表作成） ・ 発芽試験リスト作成（発芽試験番号） 6. 入庫評価記入1（入庫する材料の評価） 7. 種子精選（必要な場合） 8. 乾燥 ・ 棚上げ（20℃，15～20％RH） 9. 保存番号付与・入力	
発芽試験	10. 発芽試験実施 ・ 発芽試験予定表記入（発芽試験予定作成） ・ 結果記入 11. 発芽品種評価（発芽試験材料の評価） ・ 発芽率80％未満を原則評価 ・ 発芽率80％以上は，特別の場合のみ評価（1～4評価を除く） ・ 新規の種子は発芽率に関係なく入庫（但し，0％は除く） 12. 発芽結果・発芽品種評価入力 13. 入庫評価記入2（発芽試験結果・評価結果等の記載）	
入庫準備・パッキング	14. 入庫可否の判断 ・ 新規受け入れリスト出力（発芽率入り）・コード変更 15. 配布用仮バーコード ・ ボトルの準備 ・ 印刷・貼り付け 16. 永年用本バーコード ・ 缶準備 ・ 印刷・貼り付け 17. 配布用種子のパッキング 18. 永年庫用種子のパッキング	
入庫・保管報告	19. 配布用種子秤量・入庫 ・ 秤量 ・ 配布用本バーコード印刷 ・ 入庫 ・ 保管報告	20. 永年庫用種子秤量・入庫 ・ 秤量 ・ 封缶 ・ 入庫 ・ 保管報告

表3-2 農業生物資源ジーンバンク (NIASGB) における新規種子受け入れ作業手順 (操作マニュアル)

業務	作業内容	
種子受け入れ	1. 種子+送付リスト受領 ・受け入れ表へ記入 (受入表作成) 2. 増殖受け入れ作業番号を付与・登録 3. 受け入れ進行表記入 (進行表に順次記入) ・送付リスト・進行表供覧 4. 種子チェック ・増殖受け入れリスト出力 (増殖依頼リストから作成) ・増殖受け入れリスト出力 (増殖依頼リストから作成) ・種子と受け入れリストの照合 ・不明情報の問い合わせ 5. 発芽試験用種子取り ・発芽試験表記入 (発芽試験表作成) ・発芽試験リスト出力 (発芽試験番号) 6. 入庫評価記入1 (入庫する材料の評価) 7. 種子精選 (必要な場合) 8. 乾燥 ・棚上げ (20℃、15～20 % RH)	
発芽試験	9. 発芽試験実施 ・発芽試験予定表記入 (発芽試験予定作成) ・結果記入 10. 発芽品種評価 (発芽試験材料の評価) ・発芽率80%未満を原則評価 ・発芽率80%以上は、特別の場合のみ評価 (1～4評価を除く) ・原則種子は発芽率50%以上のものを入庫 11. 発芽品種評価 (発芽試験材料の評価) 12. 入庫評価記入2 (発芽試験結果)	
入庫準備・パッキング	13. 入庫可否の判断 ・増殖受け入れリスト再出力 (発芽率・在庫情報入り) ・在庫情報をもとに、配布用・永年用への入庫可否判断 ・永年庫、配布庫 (あり・なし) コード変更 14. 配布用仮バーコード ・ボトルの準備 ・印刷・貼り付け 15. 永年用本バーコード ・缶準備 ・印刷・貼り付け 16. 配布用種子のパッキング 17. 永年庫用種子のパッキング	
入庫・保管報告	18. 配布用種子秤量・入庫 ・秤量 ・配布用本バーコード印刷 ・入庫 ・保管報告	20. 永年庫用種子秤量・入庫 ・秤量 ・封缶 ・入庫 ・保管報告

4. 種子の超低温保存

保存中の種子の生理的消耗を最小にして遺伝的変異を伴わずに、長期間保存できる技術として、液体窒素を用いた超低温保存が提案され、その実用化が試みられた（酒井 2000）。農作物の普通種子では、乾燥と低温の条件下で長期間にわたり高い発芽率を保持することができる。しかし、種子更新に伴う遺伝的変化の防止や低廉で簡便なベースコレクションの保存などを考えると、種子の超低温保存も有効である。米国農務省国立遺伝資源保存センター（NCGRP；コロラド州）では、多くの種の農作物種子が液体窒素タンク中にベースコレクションとして保存されている（Ellis 2006）。

そこで、著者は、農業生物資源ジーンバンク（NIASGB）で保存している農作物種子を用いて超低温保存の可能性を検討した。

a. 材料および方法

NIASGBにおいて、低温（ -1°C ）・乾燥（相対湿度30％）条件で3～15年間保存されたイネ類、ムギ類、マメ類など236種、約440点の農作物種子を供試した。配布用貯蔵庫から出庫した種子を、50～100粒ずつを紙袋に入れ、 5°C 、湿度60％の室に1晩置き、種子含水率をおおよそ8％に調整した。その後、液体窒素タンク気相部（ -150°C ～ -160°C ）に保存するとともに、対照は低温・低湿条件に保存した種子を用いて、次の2種類の実験を2反復で行った。実験1では液体窒素中での保存期間と保存後の解凍法の違いが発芽率に及ぼす影響を調べ、実験2では、実験1で得られた最も良い条件で、多数の植物種類や多くの品種を用いて保存実験を行った。

実験1：イネ、コムギ、オオムギ、トウモロコシ、ダイズ、アズキ、ナタネ、ゴマ、エゴマ、ソバ、ダイコンおよびインゲンマメの12種類の作物種子を液体窒素タンク気相部に1週間あるいは4か月保存した。保存種子の解凍にあたっては、1時間室温放置した緩速加温区および 35°C の温水に浸漬し加温した急速加温区を設け、超低温保存の効果を比較検討した。

実験2：イネ類、ムギ類、マメ類、雑穀類など236種の作物、402品種を供試した。液体窒素タンク気相部に種子を1～3日間保存した後に発芽率を調査した。供試種子は、紙袋に入れ、 5°C 、湿度60％の低温庫に

1晩置き、含水率約8％に調整したもので、液体窒素保存後には、 35°C の温水に浸漬して急速加温を行った。

処理を行った種子の発芽調査は、国際種子検査協会のルール（ISTA 2001）に従って行った。小粒種子に関しては、濾紙を敷いた矩形のプラスチック製シャーレに種子を置床し、TP法（1枚または数枚の紙の上で種子を発芽させる方法：Top of Paper method）により発芽率を調査した。大粒種子に関しては、ペーパータオルを用いたBP法（種子を2層の紙の間で発芽させる方法：Between Paper method）に従って発芽試験を行った。コムギやオオムギなどの麦類では、昼夜とも 20°C とし、そのほかの作物では、夜間温度は 20°C 、昼間温度 30°C とする変温条件の発芽試験用チャンバーに7～21日保持し発芽率を調査した。なお、チャンバー内は、昼間8時間は約2,000カンデラの照明を行った。播種種子数に対する正常発芽種子の割合を発芽率とした。試験区あたり25～50粒を供試した。

b. 結果

超低温保存した種子を急速加温法及び緩速加温法で常温に戻した場合の発芽率を表3-3に示した。対照区と比較すると、いずれの農作物においても超低温保存種子の発芽率にほとんど低下は見られなかった。なお、ナタネ、クローバなどの一部の作物種では、超低温保存区の種子発芽がよく揃い、すべての種子の発芽までに要する期間が短縮する傾向が見られた。保存期間を異にした試験では、1週間と4ヶ月の保存期間では、保存種子の発芽率に大きな差異は見られなかった。融解法の違いによる種子発芽率は、緩速加温に比べて急速加温の方が作物の種類による発芽率の品種間差異が小さく、多様な農作物種子を対象とする場合には、急速加温の方が適していた。

次にイネ類、ムギ類、マメ類、雑穀類など236種の農作物種子を用いて、超低温保存後の発芽率を調査した結果を表3-4に示した。23品種を用いたイネ類では、対照区の発芽率が76～100％であったのに対して、超低温保存区の発芽率の範囲は82～100％であった。また、40品種を用いたトウモロコシでも対照区（82～100％）に対して超低温保存区の発芽率は85～100％の範囲であり、その他の農作物種子に関しても、超低温保存による発芽率の低下は認められなかった。

表3-3 液体窒素中での保存期間と保存後の融解法の違いが発芽率に及ぼす影響

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	対照区	発芽率 (%)			
				1 週間保存区		4 か月保存区	
				緩速融解	急速融解	緩速融解	急速融解
イネ	戦捷	4778	90	90	90	95	95
コムギ	横沢	22765	100	85	100	100	100
オオムギ	島根在来種	16902	100	95	100	100	100
トウモロコシ	飯干 2	54313	100	95	90	100	90
ダイズ	八石	30446	100	90	100	100	100
アズキ	小長品 2	34851	85	65	70	95	85
ナタネ	三重在来	28315	95	100	85	100	100
ゴマ	白胡麻	37740	80	90	95	100	90
エゴマ	岐阜在来	40635	100	95	95	100	90
ソバ	中込在来	35732	95	100	100	100	95
ダイコン	松本地ダイコン	30137	90	95	90	90	95
インゲンマメ	センター豆	35084	90	95	100	100	100

5. 矮性化並びに低樹高仕立てによる栄養体保存法の開発

果樹類, クワ, チャ及び木本作物類などの多くの栄養繁殖性作物は, 他殖性で, 多くの遺伝子座でヘテロ接合性となっている可能性が高いうえに, 難貯蔵性であることが多い。このため, 種子保存では, 遺伝的分離を起こす危険性があるため, 圃場における生体保存が遺伝的变化を伴わずに安全に維持する上で適当である。また, カンショやバレイショなどのイモ類では, 塊茎根による繁殖と保存が行われるため, 毎年栽培を繰り返す必要がある。

果樹類, チャ, クワなどの木本作物では, 10年以上にわたり同一圃場で栽培が続けられる。このような保存栽培では, 栄養体は, 毎年, 新梢の成長に始まり, 開花, 結実, 落葉にいたる一連の生育サイクルを繰り返す。この間に品種の形態的特徴などの諸特性を評価するとともに, 枝変わりなどの体細胞 (芽条) 変異を

発見したりすることができる。しかし, その維持には剪定, 施肥, 除草などの肥培管理に多くの労力と資材を要するばかりでなく, 病虫害や気象災害などにより植物体が被害を受けたり, 枯死したりして, 貴重な遺伝資源が失われてしまう恐れが大きい。さらに, すべての品種系統を長期間保存し続けることは, 圃場面積や管理労力にも限界があって不可能であり, 一部材料の破棄が必要になる場合も生じかねない。こうしたことから栄養繁殖性作物の長期間の保存と増殖の効率化を図るためには, 次のような方法が有効と考えられる。

- ① 矮小台木や矮化剤等の利用による成長抑制栽培
- ② 組織や器官の培養によるインビトロ保存
- ③ 超低温保存

そこで, 著者は, 栄養繁殖性作物のリングについて, 圃場保存の効率化を図るため, 矮化剤や低樹高仕立てによる矮小化保存の研究を行った。さらに, 長期的な保存を目指してイグサ茎頂を用いた超低温保存法の開発を行った。

(→P45へ)

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率（7-1）

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率（％）	
			対照区	液体窒素保存区
ボウマ	公赤22号	28240	100	96
イヌビユ	N 2375	40717	96	98
センニンコク	17	46292	94	82
ク	I 376	40726	96	74
ク	I 3	40728	94	94
ク	6063	48273	100	100
ハリビユ	N-2410	40811	92	92
セイヨウハゲイトウ	Y-3233 (1) D	40814	82	54
テンサイ（多胚）	はるまさり	28017	78	68
テンサイ（単胚）	北海48号	40663	94	76
在来ナタネ	加戸在来	28323	98	96
ク	大白日	28378	94	78
ク	PAK-85916	95258	92	94
ナタネ	なたね農林1号	28762	98	98
ベニバナ	鹿系1号	37322	96	88
ハブソウ	COL/KAGAWA/1976	30440	96	88
シロザ	N-2172	40821	88	80
ジュズダマ	ボルチュガル	215	100	98
ハトムギ	秋田1号	205	100	98
ク	韓国青陽	90506	100	100
水稻野生種	O. sativa L. f. spontanea	4756	98	96
ク	O. nivara	54510	96	94
アフリカイネ	TOG 5499	121224	100	100
稲（水稻）	関山	12585	96	96
ク	コシヒカリ	7117	92	96
ク	ササニシキ	5938	92	90
ク	日本晴	9850	86	84
ク	あきたこまち	6828	100	98
ク	きらら397	93713	100	96
ク	峰ひびき	121459	94	94
ク	ミルキークイーン	95880	94	94
ク	彩	93703	86	80
ク	IR 24	13530	100	98
ク	Sihalopo	13819	76	90
ク	Dhan Donase	15061	80	84
ク	Kirawal	15233	100	100
ク	Khao Dawk Mali 105	112225	94	94
ク	HEENATI 309	15206	98	94
稲（陸稲）	愛国	5505	88	96
ク	戦捷	4779	100	98
ク	亀の尾	4950	86	82
ク	白鬚	5256	92	96
ク	Sanuris Faium	54026	100	100
エゴマ	中国1	92846	98	100
ク	ジュウネ	83279	98	92
ゴマ	茶ゴマ	37760	96	96
ク	白ゴマ	37740	98	96
ク	翼芝1号	117823	84	68
ク	白ゴマ	37814	92	88
アワ	穂長	27553	100	80
ク	黒瓜	27670	98	96
ク	P I 464556	94943	98	100
ク	Sut Hnan Kone	121897	96	96
レッドトップ	KITA	121296	94	98
レンゲ	春小町	30408	58	52
ク	中国種	30406	70	52
ク	宮古本種	30412	76	76
ルタバガ	マジスティク1号	45730	96	90
クズモドキ	COL/PHILIPPINES/1977/TARC/5611	85268	60	64
プッフェルグラス	Gayndok	144	78	64
ムラサキチョウマメモドキ	COL/PHILIPPINES/1977/TARC/5661	85270	68	46
コウマ	熊本産黄麻	35754	96	96

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率 (7-2)

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率 (%)	
			対照区	液体窒素保存区
タイワンツナソ	INT/1984/TANSAKUKEN	40716	96	100
イヌビエ	NK-76	3658	96	94
〃	COL/KOUCHI/1968	3835	100	100
〃	九州-IV (NG-25)	3897	92	94
〃	1 B-07	3903	100	98
インドビエ	Bagal	113241	90	98
タイヌビエ	1 C-05	3922	98	98
栽培ヒエ	早稗	3959	96	98
シコクビエ	秋山	27740	98	96
〃	IE 776	27772	92	100
ソバ	戸隠そば	35733	100	100
〃	スコロスベラヤ81	87038	100	98
ダットンソバ	石そば	85829	100	100
〃	COL/NEPAL/1984/U-1059 NO.4	95814	100	100
ヒマワリ	ノースクイーン	120129	100	100
アマ	耐菌亜麻	35467	86	84
ヘチマ	あきは	36233	82	82
キビ	半黒糯	4372	90	96
〃	K-9055	115658	74	50
パーブルトップクロリス	Monbasa N 51 KM, 73-479	202	80	80
ウィーピングクロリス	26875	198	54	38
ローズグラス	CQ 569	192	74	60
〃	大隅1号	48370	64	58
クロリス	MONBASA S 91 KM, 73-951	201	46	54
チョウマメ	Clitoria	46751	48	20
タヌキマメ近縁種	Crotalaria	46758	56	38
オーチャードグラス近縁種	SSP Himalayansis (SL)	40832	72	82
コーストバトングラス	Mtito 9 KM 73-909	216	6	12
ヌスビトハギ	COL/TANZANIA/1972/TARC/5142	85247	10	44
ディジタリア	Gambia M/67/125	27737	78	84
オヒシバ	Ibadan Univ 72-229	27817	72	44
ウィーピングラブグラス	Ermelo Strain	4083	94	94
アフリカンラブグラス	Begraaf Plaas Pretoria	4088	96	88
レーマンラブグラス	Murrumbidgee	4090	98	94
ロブスタラブグラス	Worcester B/53/57	4121	92	92
エラグロスチス	24924	4125	96	98
ウィルマンラブグラス	Maquassi B/53/258	4129	72	84
テフ	OZ 01-184, 73-250	42150	100	100
シープフェスク	Barreppo	121383	76	78
イタリアンライグラス	Noble	118645	20	14
〃	Barmultra	118575	86	88
〃	ワセヒカリ	4558	86	88
〃	ヒタチヒカリ	121569	98	90
ヤハズソウ	L 044	41309	94	100
マルバヤハズソウ	須崎市	113827	98	96
ネコハギ	三重県安濃町系統	45804	94	96
メドハギ	L 002	41481	70	84
ヤマハギ	根釧農試系統	45735	94	98
グラスピー	Ervilhaca	46753	94	94
オーチャードグラス	Sumas	45712	92	96
〃	鹿屋市	90830	38	38
〃	IT 77497-OP	47022	90	86
〃	PI 202697-OP	47069	67	66
〃	北海道在来	45672	58	74
トールフェスク	Festal	45620	80	90
〃	Mozark	51190	100	100
〃	Estanzuela Tacuabe	45626	52	60
〃	ナンリュウ	40887	98	94
〃	ホクリュウ	4137	73	90
ウェスタウォルズライグラス	Florida Rust Resistant	4737	86	88
ベレニアルライグラス	ヤツガネ	4747	100	100
ウイメラライグラス	Wimmera Ryegrass	4755	96	100
ドクムギ	アルジェリア31	74984	100	100
ハイブリッドライグラス	ハイフローラ	120018	88	74

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率 (7-3)

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率 (%)	
			対照区	液体窒素保存区
ミヤコグサ	Atu	86485	76	92
ストランドメディック	Harbinger	41618	94	76
コメツブウマゴヤシ	COL/BULGARIA/1995/MAFF/299	98639	84	96
コウマゴヤシ	COL/GREECE/1995/MAFF/229	117273	86	88
ウズマキウマゴヤシ	COL/GREECE/1995/MAFF/181	117273	94	74
ウマゴヤシ	Circle Valley	41619	90	86
ゴーマ・メディック	Sapo	41623	70	84
アルファルファ	エコタイプ広尾梅津牧場	51215	100	98
ディスク・メディック	Tornafeld	41626	96	88
バレル・メディック	COL/GREECE/1995/MAFF/215	117238	96	96
スミログラス	FC 38 460	16547	36	16
ブルーパニックグラス	C P I 23-172, SK 370	4175	92	76
バルブパニックグラス	Morocco Common, SK 117	4176	42	48
カラードギニアグラス	PLE58-2	117333	88	92
カブラブラグラス	GR 406 PI 298989	41074	84	58
マカリカリグラス	Makarikari Strain SK 285	4353	82	68
オオクサキビ	伊那系	4459	74	64
ギニアグラス	ナツカゼ	40916	90	84
〃	80-018, T-16	46559	20	46
〃	GR 321 B	4300	96	96
〃	GR 77 27213	74267	76	82
グリーンパニック	GR 355	4545	78	78
ミリオイデス	GR 420	4552	98	90
クールグラス	Morocco Common SK 43	4419	66	82
ブラウントップミレット	BN 10877-59 SK 396	4418	14	38
パニカム	Panicum SP SK 97	4348	80	80
スイッチグラス	North Carolina S C S SK 404	4350	72	72
ダリスグラス	Louisiana B 230	22031	66	82
プロストレートダリスグラス	Tifton 1	22113	62	60
バヒアグラス	鹿系12号	22084	98	100
スコロビック(コド・ミレット)	Kaspabet W11 KM 73-678	22037	42	46
バスパラム	Campus Nairobi	22115	32	40
ページイグラス	PI 303975	22116	58	64
パールミレット	COL/MYANMAR/2002/NIAS/02-168	122604	100	94
リードカナリーグラス	Saz-21001	45642	100	100
リトルカナリーグラス	Morocco Common	22118	96	100
ハディンググラス	Cpi 29, 042	22119	66	80
三尺ササゲ	Furou	85780	100	98
チモシー	Senpoku	58399	98	100
カナダブルーグラス	Reuben	40937	70	82
ウッドメドウグラス	Novombra	40940	82	94
フォエルメドウグラス	Sk-47	40942	74	90
ケンタッキーグラス	Baron	40995	96	96
ラフストークメドウグラス	Omega tofte	41070	96	100
ソルガム近縁種	PI 302198	47904	86	90
スーダングラス	Wisc XKS 1044	95974	92	86
ストロベリーグラス	COL/GREECE/1995/MAFF/184	117242	38	78
アルサイククローバ	COL/BULGARIA/1995/MAFF/044	117234	78	80
赤クローバ	北海道在来	41159	84	98
〃	COL/RUSSIA/1995/MAFF/142	89010	90	100
白クローバ	牧場白	41213	58	60
クローバ近縁種	Maral	41636	96	100
カラスノエンドウ	IC 464	89223	100	100
ソルガム	中条在来モチ	358	82	80
〃	タカキビ	365	92	84
〃	菊池在来	45428	92	88
〃	在来種	51342	82	72
〃	在来種51-6	45385	100	90
〃	Moraba 74	260	86	84
〃	E 1091	262	80	98
〃	E 1093	263	94	92
〃	E 271 BC 27	267	88	88
〃	IS 8006	270	92	92
〃	468 SBI 37 B	278	86	94

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率 (7-4)

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率 (%)	
			対照区	液体窒素保存区
ソルガム	E 75	292	88	96
〃	Mariangari Jora Muddahihal	297	80	90
〃	Battanban	377	88	82
〃	モロコシ	378	86	86
〃	Cape Colo 28/53	545	84	90
〃	Lahoma 1367	684	98	94
〃	Liaoza 1	42156	80	78
〃	コシンシ	48448	58	48
〃	Red Jan Pur	48527	82	74
〃	Junelo	48532	92	86
〃	MN 401	48543	70	68
〃	Schrock	48550	84	92
〃	4-1-2-3	59659	82	94
〃	Cosor 1B	47610	76	74
〃	AS 5781 Huan Sa Phaungah LPYS 4	48467	76	78
トウモロコシ	音更春道	113912	100	100
〃	黄トウキビ	58408	90	92
〃	トウモロコシ	119014	100	100
〃	トウマメ	119024	82	90
〃	中トウモロコシ	1266	100	100
〃	白色アミロ	50564	90	85
〃	北畑	1264	98	100
〃	在来種 1	1234	100	100
〃	神立	1194	100	98
〃	Jeon Nam Yosieo	58336	100	98
〃	Nakhon Suwan 1	83435	100	100
〃	Phu Sar Pyaung	121916	98	98
〃	Makai	59079	100	98
〃	パキスタン	1342	96	98
〃	IN 17 Synthetic 1	2758	100	100
〃	トルコ産白色フリント	689	98	98
〃	Laltin	58639	98	94
〃	Georgian Local 1	58668	98	98
〃	Libon	2842	100	100
〃	AA 41	2873	96	98
〃	Andaluz	2924	100	96
〃	1-7-34 Csenyei TF	2835	100	100
〃	Nostrano Bianco	2938	100	98
〃	Kuma Mais	1354	100	100
〃	I.C.A.R. 54	54316	94	94
〃	PI 194390	47110	98	98
〃	PI 326535	47118	96	100
〃	Kitale Maize Synthetic	47116	100	100
〃	TZI 3	94131	100	98
〃	Homedale	47117	100	100
〃	CM 36	813	100	100
〃	Wisconsin	717	98	100
〃	Iowatigua	3475	100	100
〃	タイコク (Guatemala)	1442	100	100
〃	PI 163597	47789	100	100
〃	Colorado 2	58890	100	100
〃	RGS 5	58739	100	100
〃	Pioningallos	3651	98	100
〃	Morocho Blanco 3	58867	100	100
〃	Australian Waxy	3653	98	100
ロコト	Cojomorco	41668	76	78
キク	大阪中葉春菊 (M)	37328	58	66
スイカ	錦大和	35821	94	100
コリアンダー	Salsa Comum Portuguesa	112523	66	86
ミツバ	大阪白茎みつば	35794	60	48
メロン	Tash-Kaun	89371	92	96
シロウリ	徳佐瓜	35964	100	100
マクワウリ	黄金	35889	100	94
キュウリ	アダナ系キュウリ 2	89354	100	100

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率（7-5）

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率（％）	
			対照区	液体窒素保存区
黒種カボチャ	Cucurbita Ficifolia	41644	90	94
西洋カボチャ	正吉	36121	64	64
マガリクピカボチャ	Cucurbita Mixta	36130	100	100
日本カボチャ	白皮砂糖	36131	98	100
ペボカボチャ	Weisser Busch	80900	98	98
ニンジン	中村鮮紅太	28282	84	92
フジマメ	古市赤花	34832	64	94
キバナスズシロ	3187 (2)	97976	96	88
ウイキョウ	うい香	112525	68	56
オクラ	GJ 93/245	86588	66	56
レタス	黒ワイヤヘッド	37346	84	96
ユウガオ	青大長	36189	90	96
カンピョウ	3 A	36198	86	82
ヒョウタン	瓢箪	36207	88	96
レンズマメ	PH-1	46725	94	100
トマト近縁種	TOMATO (WILD) 170	36338	96	100
チェリートマト	95K 133	95515	88	98
ピートマト	WIR 24/50	36819	36	80
トマト近縁種	LA 118 OR 49 B 293	36815	88	86
〃	PI 129157	36822	98	100
〃	PI 128651	36842	84	92
〃	PI 133542	36873	100	100
〃	TOMATO (WILD) 92	36878	94	92
シソ	8	87589	74	70
ペニバナインゲン	オタフクササゲ	95112	76	56
ライマメ	PI 164893	35051	70	80
インゲンマメ	錦	35068	94	98
エンドウ	白花 GW	35175	100	100
ダイコン	青首宮重長太	30003	98	94
シカクマメ	TPT 19	54829	56	78
タマネギ	愛知極早生白	27819	98	92
〃	Ringmaster Prr	42085	96	98
ネギ	柳川根深 1 本太	27866	92	90
〃	Gribovskij 21	120141	100	100
ヒユナ	Qing Mi Xiazan Cai	112489	74	86
ゴボウ	柳川理想	37289	100	96
ツルムラサキ	豆腐菜	112507	52	40
フダンソウ	赤根日本	28202	86	86
ツケナ（体菜類）	時無大菜	28535	100	96
ツケナ（ミズナ類）	早生千筋京水菜	28568	98	98
ツケナ（ひさごな類）	長崎白菜	29654	100	100
ツケナ（在来菜種類）	ツケナ安濃 4 号	121010	100	96
ハクサイ	晩成東郷	29674	100	100
カブ	博多据り	29801	100	100
アビシニアガラシ	Awasa Selection	28518	100	82
タカナ	ちくし菜	28583	100	100
ツケナ（ナタネ類）	Cobra	98012	86	100
ケール	Knol Khol	28522	100	96
カイラン	81-1	87831	98	98
カリフラワー	房州早生	29658	88	90
キャベツ	早生宝玉	28447	94	94
メキャベツ	富士子持	29670	92	100
コールラビー	FUMEI	111537	94	100
ブロッコリー	Large Leaf	87832	100	98
キャベツ近縁種	B Oleracea 0 176	29966	100	98
ハクラン	フレッシュ	29960	66	86
ツケナ（体菜類・菜心）	全年心	29962	98	100
ツケナ（非結球性白菜）	大阪しろな（中生）	29779	98	92
カラシハクサイ	からし白菜	29963	100	100
ツケナ（小松菜類）	仁井田青菜	29925	94	100
トウガラシ	札幌大長ナンバン	36300	100	94
トウガラシ近縁種	大海椒	89459	98	76
エギロプス	CAUCASUS 94-35-2	89871	50	33
〃	GLUMIARISTATA	84589	58	58

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率 (7-6)

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率 (%)	
			対照区	液体窒素保存区
エギロプス	CAUCASUS 94-8-1	89707	58	58
エン麦	クロミ (アルガス)	1	94	100
〃	北海32号	3	90	98
〃	LINCOLN	74	100	100
エン麦近縁種	A. ABYSSINICA	39036	29	38
〃	A. BARBATA	46011	88	80
〃	A. HIRTULA (KU-14-1)	46025	76	66
〃	A. LONGIGLUMIS	46026	40	26
〃	A. MAGNA (4X)	46035	4	21
〃	A. ORIENTALS	46029	98	94
エン麦 (プレヴィスエン麦)	A. BREVIS	46012	36	30
エン麦 (ビザンチンエン麦)	A. BYZANTINA	46015	58	33
カラスムギ (エン麦近縁種)	CAUCASUS 94-73-1	89916	75	75
エン麦 (ヌダエン麦)	A. NUDA	46027	75	29
エン麦近縁種	A. STERILIS L. SSP. MACROCARPE	46033	0	82
エン麦 (ストリゴーサエン麦)	CD 3820	113716	79	88
エン麦近縁種	A. WIESTII (KU-15-1)	46034	52	28
大麦近縁種	H. AGRIOCRITHON (H)	16548	100	96
大麦近縁種	H. LEIRRHYNCHUM 1 (H)	16551	100	94
大麦近縁種 (ムギクサ)	アルジェリア260	75205	100	86
大麦近縁種	H. SPONTANEONIGRUM	74021	92	63
〃	H. SPONTANEUM NIGRUM 1	16552	96	94
大麦 (六条)	四国裸45号	19874	100	100
〃	モロッコ30	55459	92	79
〃	JENA 61-78	42712	94	94
二条大麦	ミホゴールド	17155	98	98
〃	ABED KENYA	17758	100	98
〃	TURKEY 166	90426	94	88
ライ麦	アルジェリア364	75302	100	88
ライ麦近縁種	COL/GREECE/1998/MAFF/236	98728	100	95
小麦 (普通系)	ハルミノリ	22292	100	98
〃	COL/NEPAL/1986/IBPGR (IZIKA)/84	52260	100	90
〃	VICTOR	25478	100	82
〃	MIRONOVSKA	25087	80	58
小麦 (クラブ小麦)	TURKEY 602	27398	100	98
小麦 (栽培エンマー)	ECHIOPIA KOMUGI 72-202	27406	96	71
小麦 (マカロニ小麦)	CAPEITI	44788	100	78
〃	エチオピア255	79011	98	96
小麦 (マッハ小麦)	PI 428163	82512	30	28
小麦 (アルメニア小麦)	PI 538463	82745	83	50
小麦 (野生一粒系)	PI 538611	82221	92	54
小麦 (栽培一粒系)	PI 306542	82931	100	63
ライ小麦	中島1 (2n=42)	27506	94	70
小麦 (リベット小麦)	仏57号	27500	96	96
小麦 (野生一粒系ウラルツ)	PI 428194	82314	92	100
ラッカセイ	千葉小粒	30370	92	100
〃	MH 2	30383	100	100
〃	MANDUVI PYTA	96145	100	100
ラッカセイ近縁種	AMERILLO	86821	100	100
ダイズ	オシマシロメ	30492	100	80
〃	目白	31107	100	94
〃	M 494	34004	100	100
〃	豊収12号	33611	100	100
〃	赤青太	48288	98	96
ツルマメ	COL/NIIGATA/1984/CHINUSHI-6	40375	93	100
〃	GD 50388-2	33716	92	96
テバリービーン	INT/CIAT/MEXICO/A-1399	120053	100	67
インゲンマメ属野生種	INT/BELGIUM/1984/FREYTAG.G./F84	120031	100	70
〃	INT/BELGIUM/1972/RUDO V.E./3396	120033	75	58
〃	INT/BELGIUM/1978/DEBOUK D.G./DGD412	120038	94	90
〃	INT/BELGIUM/1978/VAKILI N&FREYTAG G./VF78-M-66	120039	100	70
〃	INT/BELGIUM/ C 6458	120040	100	67
モスビーン	COL/PAK/1991/IBPGR/2755 (4)	81401	96	90
アズキ	VIRIO 639	95012	88	95

表3-4 液体窒素保存した各種植物種類の発芽率 (7-7)

作物名	品種名	ジーンバンク 保存番号	発芽率 (%)	
			対照区	液体窒素保存区
アズキ	大納言 (石岡)	34897	71	54
〃	あずき	88403	100	98
ヤブツルアズキ	COL/KOCHI/1993/NIAR/173	88562	96	94
〃	茨城産ヤブツルアズキ (CED96101102)	95116	90	100
ササゲ属野生種	INT/CIAT/COL/ARG/	120052	70	90
〃	COL/THAI/1999/MAFF/99T-10-1	119794	100	100
〃	INT/CIAT/COL/ZWE/	120049	75	75
アズキ近縁栽培種	COL/ANGOLA/2-1-13	46726	79	64
リョクトウ近縁野生種	タイ・ピサスローク県産リョクトウ近縁野生種	113950	100	63
アズキ近縁野生種	タイ・チェンマイ県産アズキ近縁野生種 (9)	113952	88	83
リョクトウ祖先野生種	マダガスカル産リョクトウ野生種 (TC1966)	120073	90	60
ササゲ属野生種	インド産リョクトウ近縁野生種 N11030	113963	100	100
バンバラマメ	L16-1-1	86798	100	13
ヒメツルアズキ	INT/KOREA/102770	120126	50	100
ケツルアズキ	NEPAL (EN 141)	35163	100	50
〃	COL/PAK/1989/IBPGR/2284 (2)	79944	88	56
〃	PI 288599	35133	100	100
リョクトウ	V 2184 HLV 18	34925	100	95
〃	COL/KAGAWA/1967	34927	100	100
〃	BHAKTI	34994	92	100
		平 均	86.7	85.0

(1) 矮化剤を用いたリンゴの矮小栄養体保存

クワではパクロブトラゾール (pp333) やウニコナゾール (s327) などの矮化剤を利用する矮化栽培が可能であり、この技術を遺伝資源の圃場保存に利用することが報告された (佐藤・岡 1989)。そこで、リンゴの栄養体保存にこの矮化栽培を活用する研究を行った。

a. 材料および方法

ポット植えた3年生リンゴ品種「ふじ」の接木苗 (台木は丸葉台およびM26台) に矮化剤パクロブトラゾール (pp333) またはウニコナゾール (s327) の茎葉散布処理 (200 ppmと500 ppm) あるいは土壌灌注処理 (100 ppmと200 ppm) を行い、枝条や根の成長へ及ぼす効果を調査した。

b. 結果

リンゴ品種「ふじ」の枝条の成長に及ぼす矮化剤パクロブトラゾール (pp333) およびウニコナゾール (s327) の効果を調べた結果を図3-4に示した。薬剤処理後の枝条は、茎葉処理区および土壌処理区とも速やかに伸長が停止し、処理後40日まで再伸長はほとんど見られなかった。pp333茎葉処理200ppm区では、処理後40日以降に再伸長が見られ、処理後60日以降にはpp333茎葉処理500ppm区およびs327茎葉処理200ppm区でも若干の伸長が見られた。しかし、土壌処理区では再伸長はほとんど見られなかった。

秋における器官別乾物重についてみると、対照区に比べて、茎葉処理区および土壌処理区ともに枝や葉の乾物重は減少したか、地下部の抑制効果はまったく見られなかった。この結果は、カラタチ (野間・小原

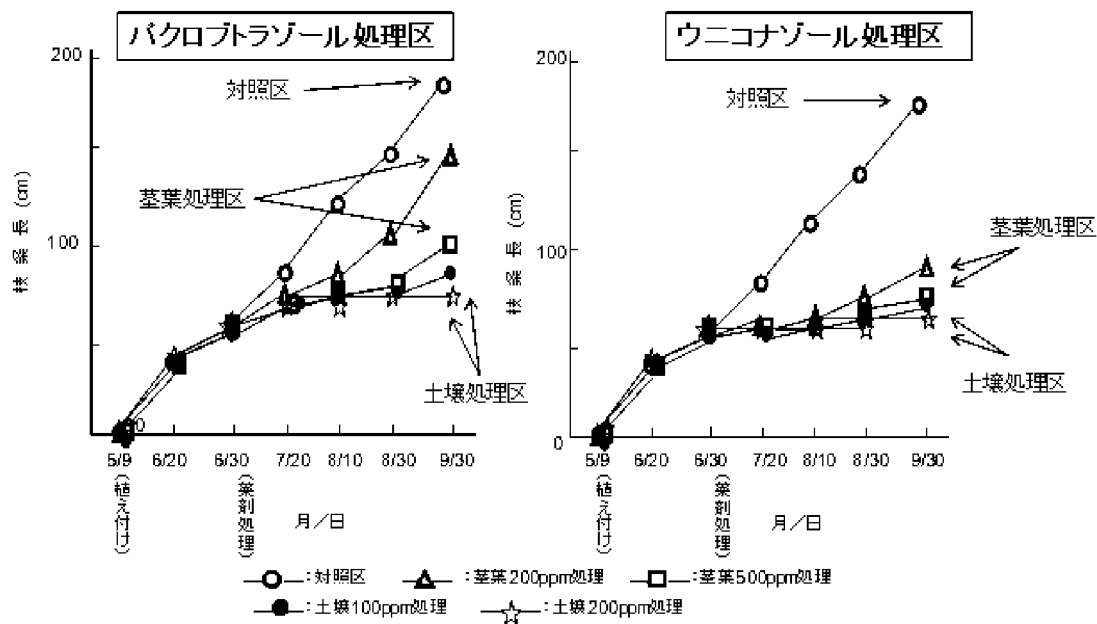


図3-4 ポット植えりんご品種「ふじ」(マルバ台)の枝条長に及ぼすバクロフトラゾール (pp333) およびウニコナゾール (s327) の影響

1986) やクワ (佐藤・岡 1989) の場合と同様であった。

(2) 低樹高仕立てによるリンゴの矮小化保存

クワでは根刈り仕立や中刈り仕立などによる低樹高栽培が確立されており、遺伝資源の保存方法として採用されている (南沢 1978)。そこで、果樹類遺伝資源保全の効率化を図る目的で、根刈り仕立や中刈り仕立を活用する圃場生体保存の方法を検討した。

a. 材料および方法

山形県新庄市に所在していた農業生物資源研究所の旧遺伝資源第二部植物栄養体保存研究チームにおいて、昭和62年5月植付けのりんご2品種、すなわち、丸葉台木あるいはM26台木に接木した「ふじ」および「つがる」を供試して実験を行った。

植付けた翌年の春に、発芽前に前年成長した枝条を図3-5のように地際から40 cmあるいは80 cmの高さで枝条をすべて伐採し、それ以降、毎春、伸長したすべての枝条を同じようにすべて刈り取って栽培した。植付け後2年～6年間、毎年10月に再生した枝条数、枝条長及び樹体の幹周長を測定した。

b. 結果

刈り込みによる低樹高栽培では、枝条の成長に伴い

部分的に垂れ下がるような矮小枝を発生する場合も認められたが、多くの枝条は直立し成長することが分かった。落葉期における枝条構成の処理区別経年変化の結果を表3-5に示した。まず、台木の種類についてみると、枝条数、枝条長、幹周長のいずれでもマルバ台の方がM26台よりも大きい値を示した。また、対照区とした普通栽培と比較すると、主幹高40 cmあるいは80 cm伐採区の枝条数と幹周長は小さいが、平均枝条長は明らかに長くなった。枝条の発生数に関しては、マルバ台の40 cm伐採区で30～50本/樹、80 cm伐採



図3-5 地上80 cmですべての枝条が刈り込まれたりんご品種「ふじ」

区で40～70本/樹が得られた。

この程度の数の枝条が発生すれば、遺伝資源として配布する穂木の確保には特に問題はないと考えられる。さらに、主幹高40cm伐採区よりも80cm区の方が発生する枝条数が多かった。以上の結果、リンゴの遺伝資源保存では、通常のマルバ台に接木した品種を春先に地上から80cmの高さで刈り込んで仕立てることにより、栽培管理を容易にできるばかりでなく、夏から秋かけて図3-6のように旺盛に枝条が繁茂して、配布用枝条の確保も十分可能であることが明らかになった。

通常、果樹遺伝資源の圃場における生体保存では、株間や畝間を狭めて栽培しても、10アールあたりせいぜい100株程度しか保存できない。ところが、刈り込みによる低樹高栽培を行えば、普通成木栽培に比べ、3～5倍の品種（遺伝資源保存点数）を効率的に保存できることがわかった。



図3-6 旺盛に枝条が繁茂する低樹高仕立て法によって保存中のリンゴ品種「つがる」

表3-5 低樹高仕立てリンゴの落葉期における枝条構成の変動

試験区	品種/台木	枝条数（本/樹）					平均枝条長（cm）					幹周長（cm）				
		植え付け後の経過年数					植え付け後の経過年数					植え付け後の経過年数				
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
対照区 (通常栽培)	ふじ/マルバ	49	62	129	95	146	88	90	59	61	48	13	18	24	31	31
	/M26	31	31	97	72	104	82	73	57	47	42	11	15	19	22	24
	つがる/マルバ	43	41	90	71	85	90	105	62	84	52	11	16	21	25	25
	/M26	28	33	87	41	100	73	87	52	66	54	8	11	15	19	22
主幹40cm 伐採区	ふじ/マルバ	5	15	30	48	52	138	110	85	66	53	10	14	16	17	19
	/M26	7	14	30	40	42	127	107	85	74	62	9	12	14	15	16
	つがる/マルバ	6	8	17	25	34	136	113	100	95	82	8	11	14	14	15
	/M26	4	7	17	23	27	124	106	97	91	67	7	9	11	13	13
主幹80cm 伐採区	ふじ/マルバ	11	28	45	60	71	132	99	91	78	70	10	16	18	18	20
	/M26	7	22	35	43	45	128	92	86	82	70	9	12	14	15	16
	つがる/マルバ	8	17	32	40	45	136	97	97	83	76	9	12	15	16	18
	/M26	8	17	24	39	37	115	99	95	90	77	7	11	12	14	14

注) * 枝条数および枝条長には側枝は含めない。

* 5年目、6年目の対照区の枝条数および枝条長は、樹を代表する3支幹に着生する枝条の測定値を用いた。

6. 培養茎頂によるイグサの超低温保存法の改良

生理的消耗を最小にして遺伝的变化を伴わずに、種子や培養組織などを長期間保存し、必要に応じ植物体を再生できる技術として、液体窒素を用いた超低温保存の実用化が提案された(酒井 2000)。しかし、超低温保存のためには、生きた細胞の活性を低下させずにガラス化(細胞内の溶液が結晶構造をとらずにアモルファスな非結晶質状態で固体化)させる操作手順が複雑であること、作物の種類ごとに最適な操作手順が異なること、さらに、作物品種の遺伝的構成を保つために必要な多数の植物体を再生させることが困難なことなど解決すべき課題が多く残されている。

栄養繁殖性作物のうち冬芽の超低温保存ができない常緑の木本作物について、培養茎頂を超低温保存する方法がSakai *et al.* (1990a) により考案された。1990年には、室温から直接液体窒素に入れて保存できるガラス化法が開発され、簡便な方法で高い生存率を維持できる超低温保存が可能となった。この方法では、組織培養した茎頂を室温で高濃度溶液(ガラス化液)を浸透させて脱水し、液体窒素中に浸漬し急速冷却し、茎頂と溶液を同時に完全ガラス化させる方法である(Langis & Steponkus 1990, Sakai *et al.* 1990b)。組織・細胞内水を凍結させることなく、細胞内容物を非結晶質の固体に相転移(ガラス化)させることにより、安定した保存を可能にする。また、急速加温で解凍す

ることにより、解凍過程で生ずる細胞内凍結を回避できる。

そこで、本研究では、二重保存されていないイグサについて培養茎頂の超低温保存法の開発を行った。なお、クワの冬芽を用いた超低温保存に関しては次章で述べる。

a. 材料および方法

NIASGBのサブバンクである種苗管理センターの圃場で保存しているイグサ品種「NZ219」(JP152124)や「あさなぎ」(JP168766)など42品種・系統を供試した。

組織培養に用いた外植体は、圃場栽培により保存されていたイグサから茎頂を切りだし滅菌した後、 $0.9\mu\text{M}$ のベンジルアデニン、2.5%ショ糖、0.8%寒天を含んだ1/2濃度のMS培地に植え付けた。50日間培養後に同一成分の1/2MS培地に植え継いだ。その後、2か月ごとに通常の成分濃度のMS培地に植え継いで培養した。

イグサ組織の成長は遅く、十分な数の茎頂を得ることができなかった。このため、多芽体を形成させて実験材料とした。多芽体形成には $8.9\mu\text{M}$ のベンジルアデニンを含むMS液体培地を用いた。図3-7に多芽体を用いたガラス化法によるイグサの超低温保存の手順を示した。

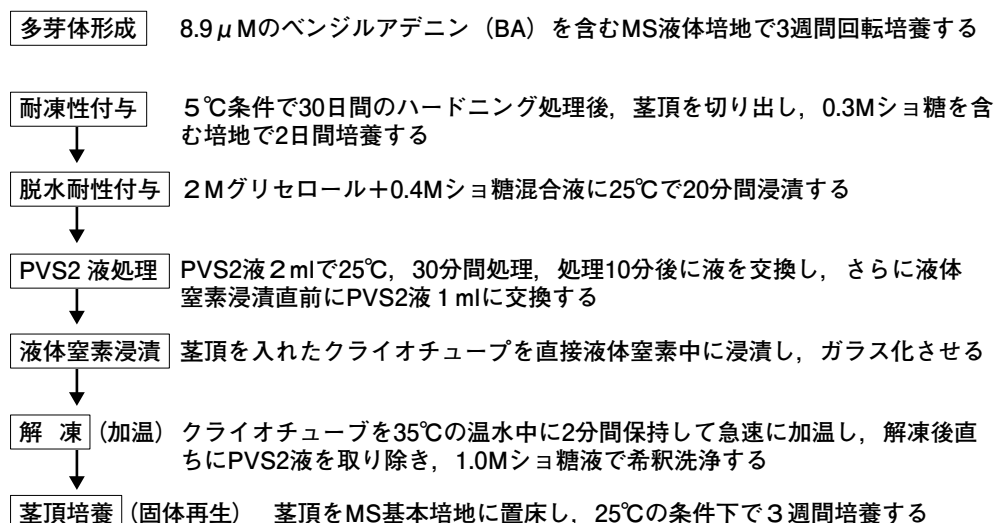


図3-7 イグサ多芽体のガラス化法による超低温保存法の手順

液体窒素浸漬前の凍結耐性付与のため、5℃で30日間のハードニング処理を行い、培養多芽体から1～2mmの幼芽を付けた茎頂を切り出し、0.3Mショ糖を含んだ培地で2日間培養を行った。さらに、脱水耐性を付与するために、2Mグリセロールと0.4Mショ糖の混合液に25℃で20分間処浸漬処理した。

このような前処理をした茎頂をPVS2液（30%グリセロール、15%エチレングリコール、15%ジメチルスルフォキシド、0.6Mショ糖を含むMS溶液）で25℃、30分間浸透脱水を行い、液体窒素に直接浸漬してガラス化させ保存した。なお、解凍および植物体再生のために、35℃の温水中で急速加温した後、1.0Mショ糖液で希釈・洗浄し、固形培地を用いて培養した。茎頂の生存率は健全に生育した茎頂の全供試茎頂数に対する割合で示した。実験はすべて系統あたり10茎頂とし、3反復で実験を行った。

b. 結果

イグサの培養茎頂のPVS2液の処理時間と液体窒素保存後の茎頂の生存率の結果を図3-8に示した。生存率78%と最も高い生存率を示した最適脱水時間は30分程度で、その前後10分程度が許容範囲とみられた。脱水時間が短すぎる場合と、逆に長くなり過ぎてPVS2液の害を受ける場合には、生存率が低下した。

次に、超低温条件で保存したイグサ42品種・系統における培養茎頂の生存率は、表3-6に示したように最低で30%、最高で90%の範囲であり、平均生存率は63%であった。これらの結果からイグサの茎頂は、ガラス化法を用いて超低温保存ができることが明らか

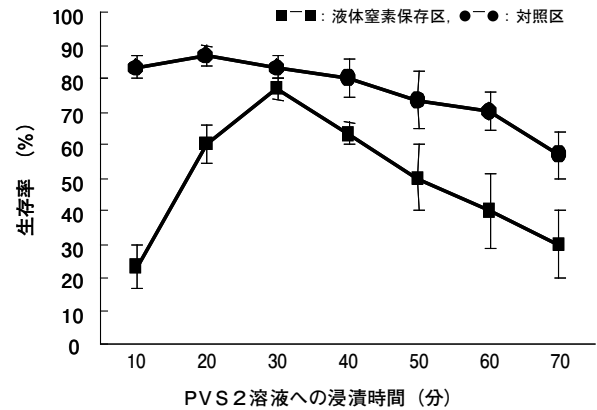


図3-8 イグサ培養茎頂のPVS2液浸漬（脱水）時間と液体窒素保存後の生存率

となった。図3-9に固形培地上に置床後14日後のイグサの培養茎頂を示した。現在までに約50点のイグサ遺伝資源を液体窒素タンク気相部分に保存している。

ガラス化法による超低温保存は、イチゴの培養茎頂でも成功した (Niino *et al.* 2003)。この場合、最適処理法としては、5℃で20日間ハードニングした植物から切り出された茎頂を0.3Mショ糖を含むMS培地で一晚培養し、25℃で2Mグリセロールと0.4Mショ糖の混合液で20分処理し、脱水耐性を付与した。その後、PVS2液で25℃、50分浸透脱水し、液体窒素に浸漬して急速冷却して保存した。解凍と再生は、イグサと同様な方法で行った。この結果を表3-7に示した。供試した8品種・系統とも高い生存率を示すことがわかった。

表3-6 供試したイグサ42品種の凍結保存後の腋芽の生存率

品種名	学名	ジーンバンク 保存番号	保存後の生存率 (%)
あさなぎ	<i>Juncus decipiens Nakai</i>	98002386	73.3±3.3
いそなみ	〃	98000789	76.7±3.3
きよなみ	〃	98000790	76.7±3.3
くまがわ	〃	98000791	66.7±3.3
さざなみ (1)	〃	95000200	46.7±3.3
しらぬい	〃	98000792	73.3±8.8
岡山1号	〃	95000093	60.0±5.8
岡山2号	〃	95000094	56.7±6.7
岡山3号	〃	98000793	90.0±5.8
広島2号	〃	95000117	70.0±5.8
広島4号	〃	95000978	80.0±5.8
千年1号	〃	95000078	73.3±3.3
大莞3号 (2)	〃	95000112	56.7±8.8
千丁在来 (1)	〃	95000102	36.7±3.3
筑後在来	〃	98002387	56.7±8.8
八代在来	〃	98002309	76.7±6.7
氷見在来 (1)	〃	95000106	63.3±3.3
文政在来	〃	98002390	63.3±8.8
八代1号	〃	98002389	73.3±3.3
小林在来	〃	95000113	56.7±8.8
有佐在来	〃	95000101	60.0±5.8
周桑在来	〃	95000111	30.0±5.8
大野在来	〃	95000090	73.3±13.3
与那城在来 (1)	〃	95000107	86.7±3.3
西在来 (1)	〃	95000073	50.0±5.8
岩沼在来	〃	95000202	46.7±3.3
COL/NEW ZEALAND/1985/092	<i>Juncus effusus</i>	45006000	83.3±3.3
COL/NEW ZEALAND/1985/094	<i>Juncus effusus</i>	45006001	70.0±0.0
COL/NEW ZEALAND/1985/215	<i>Juncus pallidus</i>	45006057	60.0±5.8
COL/NEW ZEALAND/1985/269	<i>Juncus conglomeratus</i>	45006096	73.3±3.3
COL/NEW ZEALAND/1985/279	<i>Juncus sp.</i>	45006104	80.0±5.8
熊本1号	<i>Juncus decipiens Nakai</i>	*	36.7±3.3
熊本4号	〃	*	36.7±3.3
熊本9号	〃	*	83.3±3.3
熊系142	〃	*	63.3±3.3
熊系153	〃	*	50.0±5.8
熊系154	〃	*	70.0±5.8
熊系155	〃	*	80.0±5.8
熊系158	〃	*	56.7±3.3
P-114	〃	*	40.0±5.8
P-116	〃	*	63.3±3.3
沖縄太い	〃	*	40.0±5.8
平均			63.3±2.4

注) "COL/NEW ZEALAND/1985/***"の品種は、定平・赤城（広島県農試）による1985年の収集品。
保存番号欄に「*」印のあるものは、熊本県で保存し、ジーンバンクに登録されていないもの。

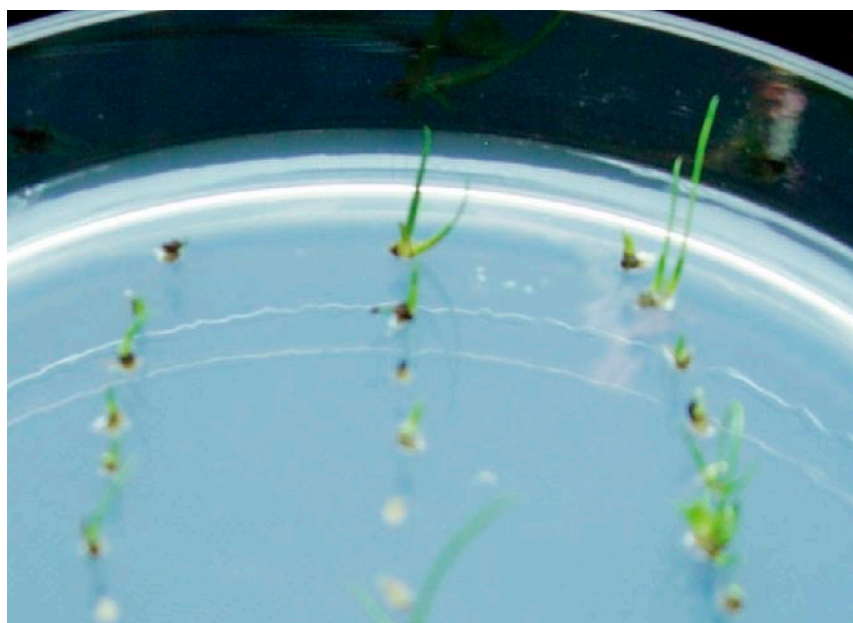


図3-9 液体窒素保存したイグサ培養茎頂の再生長（再生長後14日後）

表3-7 ガラス化法で超低温保存したイチゴ培養茎頂の生存率

品種・系統	ジーンバンク保存番号	生存率（％）
女蜂	95002666	80±0
宝交早生	95002655	74±6
さちのか	95009753	80±0
とよのか	95002674	85±5
ダナー	95002677	93±3
とちゆたか	*	80±4
シラノ	*	50±10
VC-10	*	71±4

注） *印の系統は、ジーンバンクに未登録のもの。

7. 考 察

ジーンバンクにおける遺伝資源の長期保存に関して、特別の乾燥地域を除き、遺伝資源の保存施設として冷蔵用の施設あるいは器具を備えた種子貯蔵庫が不可欠である。また、栄養体の保存には大面積の圃場が

必要である。いずれの場合も、保存経費の節減のためには、効果的で効率的な保存方法がきわめて重要な課題となる。

本章では、貴重な遺伝資源の効率的保存を図るため、種子、栄養体、あるいは培養茎頂などを材料として、乾燥・低温保存、圃場保存および超低温保存の改善策

について検討した。

NIASGBのように多数の作物種、多数の品種・系統の種子を保存する場合、種子の取り違えや誤った情報の入力などの人為的ミスの発生が問題となる。そのことが保存種子そのものの信頼性にも大きく影響し、ジーンバンクの評価を損ねる結果を招きかねない。そのため、著者は、種子の入庫管理作業のマニュアル化を図り、ミスの起きにくい作業体系の確立を図ってきた。

普通種子に関しては、長期貯蔵に特別に大きな困難はなく、低温と低湿の条件下で長期間の貯蔵が可能である (Roberts 1975)。椎名ら (2001) は、13年間各種の条件下で保存したイネ、コムギ、オオムギ (皮性および裸性)、トウモロコシおよびダイズそれぞれの種子の発芽率を調べ、真空缶に密封して保存した6作物の種子は、室温下でも高い発芽率を維持していたと報告した。

種子貯蔵物質として油脂成分を多く含むナタネやゴマなどの油料種子は、デンプンを主とするイネやトウモロコシなどのデンプン種子のように、種子の含有成分によっても保存性が異なるとみられる。油料成分は保存中に変質しやすく発芽率の低下を招きやすい。また、イネやトウモロコシなどの胚乳種子とダイズやアブラナ科野菜などの子葉種子との間にも保存性に差異があるとみられるが、十分に解明されていない。

コーヒーやパパイアなどの難貯蔵種子では、低温・乾燥条件では長期間の保存は難しく、常温において水和状態で維持された種子が高い生存力を維持し、染色体異常や突然変異の出現も少ないなどの報告があるものの (Villiers 1975)、一般には、乾燥耐性が低く、常温でも低温でも長期保存が難しいとされている (Hor *et al.* 2004)。NIASGBで缶詰保存していた難貯蔵性のニガウリ種子を再増殖のために、発芽率を調査したところ、ほとんどが発芽せず、腐敗した。そのため、配布用貯蔵庫に保存した同じ系統の材料を点検したところ、低い率ではあるが発芽が認められ、それらの種子を用いて緊急増殖を行った経験がある。ニガウリの場合には、乾燥に比較的強く、低温には弱いと言われており (中村 1993)、既存の配布用および長期貯蔵用保存施設で適用している1℃や-10℃の温度条件ではなく、15℃程度の温度条件下で密封して保存する方法を検討している。

このような難貯蔵種子では、胚を摘出して凍結防御剤で処理した上で超低温保存し解凍後胚培養を行う方

法や保存後に種子を切開して胚軸を摘出して培養する方法などが考えられている (Reed and Humer 2001, Hor *et al.* 2004, Kartha & Engelmann 1994)。以上のように、作物種類ごとに超低温条件を含めて各種の保存条件を詳細に検討し、適切な条件を見いだしていくことが必要である。

本章の実験に用いたイネ、コムギ、トウモロコシなどの普通種子の場合には、特別な前処理を行わなくとも種子含水率を5~8%に低下させるだけで、液体窒素タンク気相部を用いた超低温保存が可能と考えられた。また、供試したナタネや牧草類の一部の作物などでは、対照区に比べて超低温保存区でよく揃って発芽し、すべての種子の発芽までに要する期間が短縮する傾向が見られたが、これは超低温処理による刺激で発芽が揃ったためと考えられた。

なお、長期保存法としての種子の超低温保存に関して、Roos (1989) は100年間遺伝資源を保存する経費は、1年間-18℃で保存した場合には1点当たり1.65米ドル必要であると試算している。これに対して、液体窒素で保存すると、0.42米ドルで済むとされ、そのメリットとして発芽率のモニタリングや再増殖を必要としない点をあげている。

次に栄養繁殖性作物に関して、ジーンバンクで保存する作物は、塊茎根や球根を作る根茎作物とクワや果樹類など挿し木や接ぎ木によって増殖される木本作物に大別される。これらの栄養繁殖性作物は、ヘテロ接合性の割合が高く種子保存では遺伝的变化が生ずるため、現在までのところ圃場での二重保存を行っている。そこで、著者はそれら栄養体保存の効率化を図るために、矮化剤を用いたり、低樹高仕立てなどの方法について検討を加えた。

リングの矮化栽培による保存もその一つである。本章で示した矮化剤の利用や強剪定の低樹高仕立てによるリングの保存法では、通常の成木保存の3~5倍の点数の遺伝資源を保存でき、木本作物遺伝資源の保存に矮化栽培は効果的であることが明らかになった。従来、木本作物遺伝資源の保存についてあまり検討されてこなかったが、本研究の結果は、木本作物遺伝資源の効率的保存に関する重要な知見となる。時代の変遷による需要の減少に伴い産業的栽培が行われなくなったクワやコウゾなど遺伝資源の保存は、可能な限り省力化を図ることが求められる。

遺伝資源の効率的保存を行う場合、矮化剤の利用により地上部の生育を抑制し、地下部の生育を阻害しな

いような方法が望ましい。とくに落葉性木本作物では、春の初期成長が枝条や地下部に蓄えられた貯蔵養分に依存していることを考え合わせると（白田・高岸 1987 a, 1987 b, 1987 c），矮化剤の効果は有効と考えられる。しかし、矮化剤による著しい成長抑制効果は、翌年の樹勢を弱める恐れもあるので、矮化剤の処理濃度、施用量、施用回数などについては、さらに検討を行う必要がある。

果樹類では、人工交雑のための花粉保存が実用上検討され、モモおよびナシの花粉は凍結乾燥によりそれぞれ9年間および6年間保存できたとの報告がある（Akihama *et al.* 1978）。しかし、花粉は生存力を維持できる期間が種子などに比べてはるかに短く、保存法としては種子保存が難しい作物など限られた利用になると考えられる。

Hawkes（1970）によると、バレイショは、塊茎を4℃で翌春まで保つと12ヵ月間程度生かすことができるが、他の多くのイモ類では、貯蔵期間は12か月以下であると報告している。木本作物類では、挿穂材料を-2℃～2℃の低温下で5年間程度保存でき（Howard 1975），さらに茶樹の根を水苔で包んでビニール袋に入れて5℃で5年間保存した後、さらに10年間程度は生存が可能である（Sakai *et al.* 1978）。しかし、これらの生体保存では、ウイルス病などの感染などにより保存中に消失するリスクは避けられない。

種子や生体の保存に比べ、組織培養には明確なメリットがある。すなわち、組織培養に必要なスペースや保存に必要な経費が安いという点に、病虫害の被害を免れて保存することができる（Henshaw 1975）。さらに、それらの組織を超低温保存することにより、長期間にわたる安定保存が可能となる（IBPGR 1989, Sakai *et al.* 2003, Niino 2006）。

本章では、培養茎頂を用いたガラス化法によってイグサ遺伝資源の超低温保存が可能であることが明らかにしたが、超低温保存後の茎頂の再生率に、供試した品種・系統間に大差は認められなかったことから、いずれの品種・系統でも同じ方法で超低温保存が可能であると考えられた。

超低温保存の技術的課題として、-196℃の液体窒素中で生物組織や細胞を生存させるために、保存組織のガラス化をいかに効率的に行うかがあげられる。これまで組織をガラス化させる方法として、予備凍結法や急速冷却法などの技術が開発されてきた。そこで問題となったのは、脱水操作と凍結傷害であった

（Engelmann 1997）。超低温保存の前処理として予備凍結を行うために高価なプログラムフリーザーが必要であり、急激な脱水処理による傷害や逆に不十分な脱水による結晶化で、組織破壊が起こるなどの問題が発生していた。また、これらの技術は、研究者などの技術的熟練度に依存するところが大きく、再現性等に問題があった。

近年、超急速冷却が可能なドロップレット法（Keller and Dreiling 2002）など新たな処理方法も提案され、高い再生率が報告されている。ジーンバンク事業では、公募によってこれらの新たな保存法の開発を進めるとともに遺伝資源の超低温保存の実用化を進めている。

栄養繁殖性作物の超低温保存の国際的な取り組みについてみると、ベルギーのルーベンにある国際バナナ類改良ネットワーク（INIBAP）において組織培養によりバナナ1,140点をインビトロ保存している。この場合、植継ぎや継代培養などに莫大な経費と労力を要しており、インビトロ保存茎頂を超低温保存に切り替える事業を進めている。現在までに約400点以上が液体窒素タンクに保存された。また、ドイツのガータスレーベンにある植物遺伝作物研究所（IPK）においても、5,822点におよぶジャガイモ遺伝資源を超低温保存に移行する事業が実施され、すでにジャガイモの培養茎頂約1,000点以上が液体窒素タンクで保存されている。さらに、米国のコロラド州フォートコリンにある国立遺伝資源保存センター（NCGRP）でも、冬芽を用いた超低温保存法により約2,000点以上のリンゴ遺伝資源が液体窒素タンクに保存されている。このように世界各国で植物遺伝資源の超低温保存事業が進められている。

NIASGBにおいても、二重保存されていない植物種を優先して、イグサ、ジョチュウギク、サトイモなどの培養茎頂をガラス化法により超低温保存し、果樹類などについても超低温保存を適用していく計画である。

種子、栄養体それぞれの遺伝資源の保存のあり方については、一層効率的に安定保存できる方法の開発を進めていく必要があるが、当面、配布用の遺伝資源に関しては、種子の乾燥・低温保存と栄養体の圃場保存と培養保存とを併用し、またこれらの保存方法に加え、長期貯蔵用として液体窒素を用いた超低温保存の導入を進めるのが妥当と考えられる。そのためには、今後、多くの植物種や品種に適用可能な普遍的貯蔵技

術の開発、再生技術の効率向上、組織培養に伴う遺伝的変異の抑制のための超低温保存技術の開発などが重要となる。

第4章 栄養繁殖性作物の超低温保存技術の開発

農業生物資源ジーンバンク (NIASGB) に保存されている栄養繁殖性作物の中には、リンゴやナシなどの果樹類、チャやクワなどの落葉性木本作物がある。このような栄養繁殖性作物は、原則として成木の圃場保存が行われる。しかし、成木の圃場保存にはいくつもの制約がある。多数の遺伝資源の保存には広大な土地面積と管理労力を必要とするばかりでなく、新たに育成される品種や優良系統を保存するにも限界がある。また、気象災害や病虫害によって貴重な遺伝資源が失われる危険もある。このため、NIASGBでは、原則、異なる保存地で二重に保存することに努めている。

ところで、栄養繁殖性木本作物の圃場保存を補完する技術として、液体窒素を用いた超低温保存が注目されてきた。Sakai and Nishiyama (1978) はリンゴの冬芽を用い、また Yakuwa and Oka (1988) はクワの冬芽を用いて、予備凍結で冬芽を凍結することにより、茎頂部分を生きたまま液体窒素中に浸漬できることを明らかにし、冬芽を利用した木本植物の超低温保存の可能性を示した。

そこで、筆者はジーンバンク事業の一環として、クワの冬芽の超低温保存技術の実用化の可能性を検討した。また、クワの超低温保存後の再生植物に何らかの遺伝的変異が発生するか否かを検討した。さらにこの技術がカキ遺伝資源の保存に適用可能かどうかを検討した。

1. 冬芽を利用した超低温保存技術の開発

わが国では古来より養蚕業が盛んで多くの地域で養蚕が行われ、最盛期には10万トン以上の産繭量があった。そのためクワの育種も盛んに行われ、多くの系統、品種が開発された。一方、現在クワ遺伝資源の保存は、つくば市にある農業生物資源研究所においてのみ圃場保存されており、消失する危険性がある。

クワの冬芽を材料とした超低温保存を成功させるには、いくつかの条件が必要と考えられる。第1に、冬芽が十分に低温順化していることである。日本では芽が完全に休眠している1月～2月が採取適期とみられ

る。新野ら (1991) は、冬芽の水分含量を約39%に調節することにより、11月から翌年3月までの間に冬芽を採取し使用できることを報告した。第2に、耐凍性の品種間差異である。NIASGBに保存されている1,474点のクワ遺伝資源のうち、約9割を占めるヤマグワ、ログワ及びカラヤマグワ系は、主に本州、四国、九州で栽培され、シマグワやオガサワラグワ等は南西諸島に分布している。

本研究では、超低温保存の温度、保存可能期間、保存後の生存率と再生率などについて検討し、クワ遺伝資源の超低温による長期保存技術の開発を試みた。

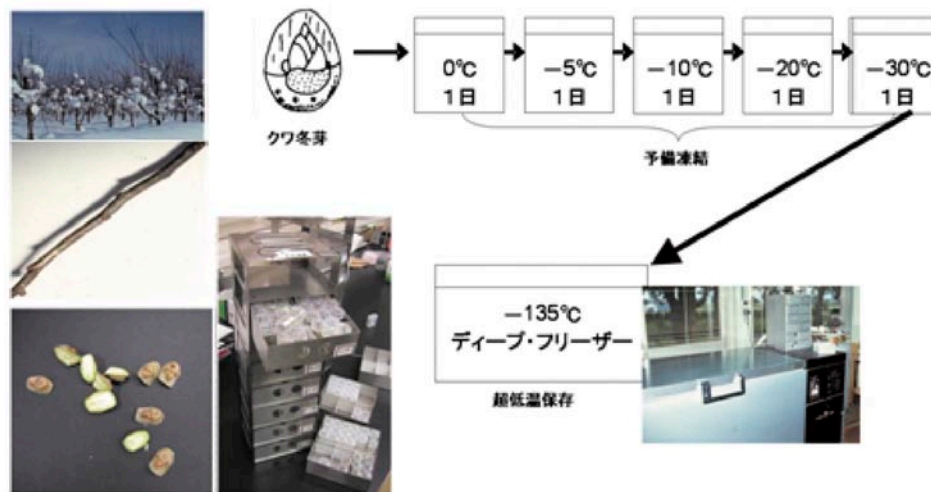
材料および方法

平成元年に農業生物資源研究所遺伝資源第二部植物栄養体保存研究チーム (山形県新庄市) で保存栽培されていたクワ品種「剣持」などの樹齢5～13年の成木を供試した。クワ品種「剣持」は、主に関東以北で栽培されていた品種で、比較的耐凍性が高いと考えられる。1月末～3月上旬に中庸な枝条から冬芽を着生する枝条約1m程度を切り取った。

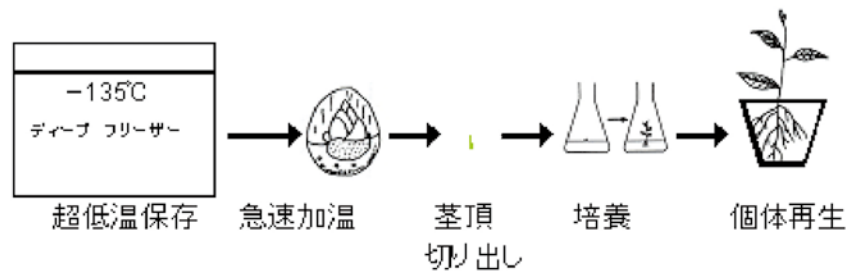
図4-1のように木質部分を少し着けて冬芽を枝から切り取り、図4-2に従って保存処理を行った。すなわち、採取した冬芽を室温で風乾した後、直径2cm、高さ5cmのクライオチューブまたはビニール袋に約20芽ずつ入れ、0℃で1昼夜保存した。翌日から-5℃、-10℃、-20℃、-30℃に設定した冷凍庫に移し変えて予備凍結を行った。この予備凍結処理により、冬芽の器官外凍結を起こし茎頂部の脱水を促した。予備凍結後、冬芽を-135℃のディープフリーザーに入れて保存した。



図4-1 木質部分を少しつけて枝から切り出したクワ品種「剣持」の冬芽



A. 超低温保存の手順



B. 保存後の再生手順

図4-2 クワ冬芽を用いた超低温保存の手順 (A) と保存後の再生手順 (B)

凍結保存した冬芽は、37℃の温水中に3～5分間浸漬して急速解凍し、70%エタノール溶液で1分間表面殺菌し、さらに、次亜塩素酸ソーダ溶液（有効塩素濃度0.5%）で30分間殺菌処理を行った。その後、滅菌水で洗浄した冬芽から長さ2～3mm、直径約1.0mmの茎頂を切り出した。茎頂は、MS基本培地（Murashige and Skoog 1962）に1.0mg/Lのベンジルアデニン、2.0%のフラクトースと0.8%寒天を添加し、pH 6.0に調整した固形培地に植え付け、25℃、16時間明条件下で培養した。約1ヶ月培養した後に、冬芽の生存率と再生率を調べた。

一方、芽接ぎには、前述した方法で解凍、殺菌した冬芽を稲垣式一芽根接法（南沢 1978）に従って芽接ぎを行った。

実験1-1) 異なる年数で超低温（-135℃）保存した茎頂の再生率

上記の方法により、-135℃のディープフリーザーに1～8年間保存したクワ品種「剣持」の冬芽を供試した。毎年20個の茎頂を解凍後にMS培地に置床し、植え付け後概ね40日目に植物体を再生した茎頂数の割合を調査した。

実験1-2) 異なる温度・期間で低温保存した冬芽の再生率

クワ品種「剣持」を供試し、予備凍結後、 -40°C 、 -70°C 、 -135°C 、 -196°C の各温度に、1ヵ月、6ヵ月、1年、3.5年保存した。 -40°C 、 -70°C 、 -135°C については各温度に設定したディープフリーザーを用い

て、 -196°C は液体窒素タンク中の液体窒素に浸漬して設定した。このような条件で保存した後、実験1-1と同様な方法で冬芽の再生率を調査した。

実験1-3) 5年間超低温保存した冬芽再生率の品種間差異

平成元年に農業生物資源研究所遺伝資源第二部植物栄養体保存研究チーム（山形県新庄市）で圃場保存されていたクワ品種「剣持」など376品種を供試した。上記の方法により、 -135°C のディープフリーザーに5年間保存したクワ376品種について、実験1-1と同様な方法により冬芽の再生率を調査した。

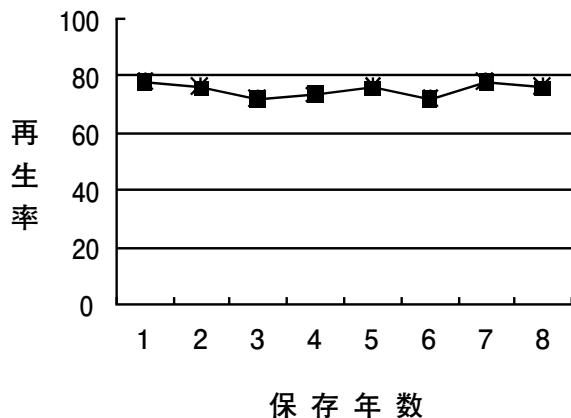


図4-3 クワ冬芽の -135°C での保存年数と再生率



図4-4 超低温保存後に再生したクワ茎頂

結果および考察

実験1-1) 異なる年数で超低温 (-135°C) 保存した茎頂の再生率

-135°C のディープフリーザーに1～8年間保存したクワ品種「剣持」の冬芽の再生率を図4-3に示した。1～8年間保存した冬芽の再生率はほとんど変化なく、ほぼ75%の冬芽を再生することができた。図4-4に超低温保存後に再生した培養中のクワ茎頂を示した。

実験1-2) 異なる温度・期間で低温保存した冬芽の再生率

異なる期間と温度で保存したクワ品種「剣持」の冬芽の再生率を表4-1に示した。 -40°C あるいは -70°C などの比較的高い温度で保存すると、茎頂が凍結してしまい再生不能となった。しかし、 -135°C のディープフリーザーや -196°C の液体窒素中では、70%以上

表4-1 異なる期間で各種の超低温下で保存したクワ冬芽の生存率

期間	生存率 (%)			
	保存温度 ($^{\circ}\text{C}$)			
	-40	-70	-135	-196
1ヵ月	0	3	73	75
6ヵ月	0	13	75	73
1年	0	13	78	70
3.5年	—	0	75	75

注) クワ品種「剣持」。

の再生率を示した。このことは、これらの条件下で茎頂が十分脱水され凍結害を免れガラス化状態が維持されたためと考えられた。

実験1-3) 5年間超低温保存した冬芽再生率の品種間差異

-135℃のフリーザーに5年間保存したクワ376品種の冬芽再生率の品種間差異は、表4-2に示す通りであった。279品種（全体の74%）が50%以上の再生率を示した。30~50%の再生率を示したのが73品種（19%）、30%以下の再生率が24品種（約6%）であった。なお全376品種の平均再生率は58.8%であった。

以上の結果から、クワの冬芽は、予備凍結処理を行った後-135℃以下の超低温で保存すれば、高い再生率を維持することができることが明らかになった。多くのクワ品種は耐凍性をもっており、超低温保存が可能であると考えられる。

クワの冬芽は、乾燥や低温に対する耐性があり、超低温保存には適性が高いとみられる。クワの場合、冬季の落葉枝条に多数の冬芽があり、比較的均質な材料を多数採取することができる。そのため厳寒期の1~2月に中庸な枝条から冬芽を着生する枝条約1mを20本程度切り出し、乾燥を防ぐためにビニールシートで包み、-1℃~5℃の低温庫に保管し、随時冬芽を切り出して、保存用冬芽を多数採取できる。この方法では

特殊な冷却装置を必要とせず、凍害防御剤なども不要であるなどのメリットがある。

再生にあたっては、凍結した冬芽を融解した後無菌的に茎頂を摘出し、組織培養により再生・順化させる必要があり、この過程で汚染しないよう十分に注意する必要がある。

冬芽の組織培養よりも速やかに再生できる方法として、芽接ぎによる再生を試みた。解冻した冬芽の本部を切除し、茎頂を覆う鱗片を一部除去した上で、芽接ぎを行った。その結果、図4-5に示したように、成功率は35%と高くはないが、超低温保存した冬芽を芽接ぎにより、組織培養よりも早く再生できることが明らかになった。



図4-5 芽接ぎによるクワ個体の再生

表4-2 -135℃のディープフリーザーに5年間超低温保存した376品種のクワ冬芽の生存率の分布

生存率の区分	品種数 (%)	積算品種数 (%)
90%以上	11 (2.9)	11 (2.9)
80%以上~90%未満	34 (9.0)	45 (12.0)
70%以上~80%未満	83 (22.1)	128 (34.0)
60%以上~70%未満	75 (19.9)	203 (54.0)
50%以上~60%未満	76 (20.2)	279 (74.2)
40%以上~50%未満	42 (11.2)	321 (85.4)
30%以上~40%未満	31 (8.2)	352 (93.6)
20%以上~30%未満	9 (2.4)	361 (96.0)
10%以上~20%未満	11 (2.9)	372 (98.9)
10%未満	4 (1.1)	376 (100.0)

2. 超低温保存冬芽より再生したクワの特性解析

超低温保存で問題となるのは、超低温保存後の再生植物に発生する遺伝的変異の有無である。そこで超低温保存した冬芽から茎頂を切出し、組織培養により植物体を再生させて圃場に植付け、形態的特性に変化が見られるか否かを検討した。

a. 材料および方法：

Yakuwa and Oka (1988) の方法によりクワ品種「剣持」の冬芽を液体窒素中で6ヵ月間保存した。解凍後、組織培養により植物体を再生させ馴化して養成したクワ苗10本を1989年春に圃場に植付けた。1989年より3年間にわたり、形態的特性を重点的に調査した。調査項目は植物遺伝資源特性評価マニュアル（農業生物資源研究所 1987）にしたがい、一次特性として、葉長、葉の欠刻数、樹型、最長枝条長、節間長、枝の色、冬芽の色・形、葉序、発芽状況を調査した。対照としては、1984年に植え付けた春切（毎春、枝条を基部で全伐採を行う栽培方法）の「剣持」5個体を用いた。

なお、1989年の再生区については、対照区よりも1ヵ月遅く春切りを行い、1990年には開葉状況を調査するため、両区とも通常より1ヵ月遅く春切りを行った。

b. 結果および考察

再生させたクワ植物体は初年度は枝条3本を残して他の枝を切除する3本仕立てとして栽培した。このため初年度の枝条数が少なかったが、図4-6に示したように、外観では対照区との間に差異がみられなかった。

形態的特性の調査結果を表4-3に示した。初年目の調査では、枝条の色、葉の欠刻数および枝条節間長などに関して、対照に比べ多少の相異がみられたが、葉序、冬芽の色や形状などには差異がみられなかった。2年目以降にも、萌芽時期や開葉状態に差異はなく、初年目に多少の差異のみられた葉の欠刻数、枝条の色および節間長などについても、対照区との間に差異は認められなかった。3年目になると、すべての調査形質に関して、対照区との差異は認められなくなった。

本実験で用いた超低温保存後の冬芽から再生した植物体は、対照区の挿木増殖した植物体とは異なり、生育の初期段階では実生苗に類似する形態を示した。このような初期生育の違いが生育後期まで残る可能性も考えられる。しかし、本実験の場合、再生植物の生育の進行に伴い、対照区との差異は目立たなくなった。

さらに、超低温保存後に再生したクワの葉のパーオキシダーゼアイソザイムならびに低温下で培養保存した後で再生させたクワの葉身タンパクのSDS-



図4-6 超低温保存後に圃場に栽植された再生クワ（左：超低温保存したクワ、右：対照）

表4-3 液体窒素保存後に再生したクワの形態的特性

調査年	植付当年		植付2年目		植付3年目	
形質	対照区	液体窒素区	対照区	液体窒素区	対照区	液体窒素区
葉長 (cm)	25.2±1.2	22.7±1.4	22.5±0.5	21.4±0.7	22.4±0.7	21.7±1.4
葉幅 (cm)	19.8±0.7	18.1±0.8	19.3±0.4	17.6±1.0	18.7±1.2	17.8±1.5
葉幅/葉長	0.786±0.064	0.799±0.036	0.856±0.017	0.821±0.043	0.839±0.049	0.813±0.053
葉序	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5
葉の欠刻数	4	4~多裂	4	4	4	4
欠刻の深浅	浅	中	中	中	中	中
枝条長 (cm)	294.4±15.7	193.5±16.7	308.5±9.9	219.4±24.2	279.0±22.6	235.8±36.0
節間長 (cm)	5.0±0.1	4.1±0.6	4.4±0.2	4.1±0.6	4.4±0.2	4.1±0.2
枝の色	淡褐色	暗褐色	淡褐色	褐色	褐色	褐色
枝条数 (本)	16.6±4.7	3.3±0.8	13.5±1.8	12.3±1.3	16.8±3.1	16.1±2.5
冬芽の形	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形	三角形
冬芽の色	褐色	褐色	褐色	褐色	褐色	褐色
枝条の太さ (直径, cm)	—	—	2.20±0.08	1.90±0.39	2.07±0.16	2.06±0.32
脱ぼう日	—	—	4月24日	4月23日	—	—
88夜当日の状態	—	—	燕口	燕口	—	—
開葉数 (88夜10日目, 枚)	—	—	5.6±0.5	5.6±0.7	—	—
開葉数 (88夜20日目, 枚)	—	—	8.2±0.7	8.0±0.6	—	—
新梢長 (88夜20日目, cm)	—	—	21.0±3.8	20.3±3.9	—	—

注1) 秋末における調査は、植付当年は9月25日、2年目は10月5日、3年目は9月20日に行い、冬芽の色、形、枝の色の調査は、それぞれの年の12月に行った。

2) 結果は、平均値±標準偏差 (対照区:5株、液体窒素区:10株) で示した。— ダッシュの欄は未調査。

3) 再生個体は植付当年の5月に植え付け、概ね3本仕立とし、対照区より約1ヵ月遅く、また、2年目はともに発芽調査の関係から通常よりも1ヵ月遅く伐採したが、3年目は通常の春切桑園の管理とした。

PAGEを調べたところ、いずれの場合にも電気泳動像に顕著な差異は認められなかった (白田ら 1990, 白田ら 1992)。

3. 冬芽の超低温保存のカキへの応用

カキ属植物 (*Diospyros*) は熱帯・亜熱帯の起源ではあるが、生食用に栽培されているのは、日本、韓国、中国の温帯地域に限られている。カキは芽条変異が比較的頻繁に発生するが、挿木が困難であるため品種にはならない場合が多い。そのため芽条変異系統や消滅の危機に瀕している地方品種などの貴重な遺伝資源に関しては、冬芽の超低温保存が効果的とみられる。そこで、本実験では、カキの冬芽の超低温保存の可能性を検討した。

a. 材料および方法：

樹齢20年のカキ品種「西条」(*Diosphilos kaki*

Thunb.) の冬芽を供試した。1月初旬に休眠芽がついた枝条を採取し0℃で1ヵ月保持した。その後、枝の木質部分を少し着けた状態で冬芽を切り取り、以下のような手順で処理を行った。切り出した冬芽を25℃で3時間放置して乾燥 (新鮮重で3%減少) させた。その後、50ml のクライオチューブに約10個ずつ入れ、-5℃、-10℃、-15℃、-20℃、-30℃に設定した冷凍庫に日毎に移し換え、予備凍結を行った。予備凍結の終了した冬芽を-150℃のディープフリーザーに直接入れて保存した。

冬芽の再生については、-1℃あるいは25℃の恒温器内に1日入れてゆっくり解凍する場合と40℃の温水中に15分浸漬して急速に解凍する場合の3種の解凍法を比較・検討した。解凍した冬芽は表面殺菌を行った後、長さ約1mm、直径約1mmの茎頂を切り出した。それらの茎頂を1/2MS基本培地 (Murashige and Skoog 1962) に1.0mg/Lのゼアチン、3.0%のショ糖と0.2%ジェランガムを添加し、pH5.8に調整した固

形培地で培養し、冬芽の再生率を調査した。

さらに、温帯種 (*D. kaki* Thunb.) のカキ4種、亜熱帯種のカキ2種 (*D. taitoensis* Odashima および *D. morrisiana* Hance) を供試して、同様な方法により予備凍結した後、25℃の恒温器内で1日置いて解凍する方法により、冬芽の再生率の品種間差異を調査し、超低温保存の可能性について検討した。なお、実験はすべて各系統とも10茎頂とし、3反復で実験を行った。

b. 結果および考察

3種の解凍法の再生率を比較した結果、25℃の恒温器内で1日解凍した区では70%と最も高く、40℃の温水中で15分浸漬解凍した区が40%、0℃の恒温器内で1日解凍した区では28%で最も低かった。このことは40℃の温水による急速解凍や-1℃の緩慢過ぎる解凍方法では、温度上昇時に冬芽内部に凍結障害を発生させたと考えられる。

最も良好な結果の得られた解凍法 (25℃の恒温器内で1日解凍) を用いて、品種間変異を調査した結果を表4-4に示した。供試した温帯種4種および亜熱帯種2種の再生率は30~56.7%であり、温帯種と亜熱帯種の間に差異は認められなかった。しかし、シュート形成率は著しく異なり、亜熱帯種では両種ともシュート形成は確認できず、また温帯種ではシュート形成に関して品種間差が顕著であった。これは、成長点周辺組織の一部が予備凍結や解凍の過程で傷害を受けたためと考えられる。

Harada (1985) は、カキ品種「平種無」の休眠芽は、-15℃でも生存することを報告した。今回の実験で

は、カキ品種「西条」の休眠芽は、予備凍結の過程で-30℃でも生存していた。これらの結果から、カキ遺伝資源の予備凍結法による超低温保存を成功させるには、供試品種が-30℃の低温に対する耐凍性を持つか否かにかかっていると考えられる。

一般に樹木の冬芽 (休眠芽) は、乾燥条件や低温条件に対してきわめて高い耐性をもっており、超低温保存に適した材料であるとみることができる。また、有毒な凍結保護剤を使う必要がないことも超低温保存の材料としてメリットである (Niino *et al.* 1993)。

本実験で供試したカキ品種の再生率やシュート形成率の値は必ずしも十分でなく、カキ遺伝資源の超低温保存を行うためには、一層高い再生率とシュート形成率となるような予備凍結法の検討が必要であるが、耐凍性を付与する方法や再生培地の改善を図ることにより、カキの冬芽を用いた安定的な超低温保存が可能になると考えられる。

4. 考 察

かつては全国に蚕糸試験場の本支場や公立試験場に栽桑研究室があり、地域の環境を活かして、ヤマグワ、カラヤマグワ、ログワなどの品種や系統を保存していた。しかし、養蚕業の衰退に伴う試験研究機関の再編・縮小により、ほとんどのクワ遺伝資源は、農業生物資源研究所 (茨城県つくば市) の圃場に集中的に保存されるようになった。

クワ遺伝資源については、昭和57年に「桑の品種系統の保存地と名称」(蚕糸試験場 1982) により、国内

表4-4 温帯種および亜熱帯種のカキ冬芽の超低温保存後の生存率と再生率

品種名	生存率	再生率
	(% ± SE)	
温帯種 (<i>D. kaki</i> Thunb.)		
磨盤	50.0 ± 5.8	3.3 ± 3.3
中国燈籠紅	53.3 ± 3.3	0
恭城水柿	30.0 ± 5.8	56.7 ± 6.7
曲靖水柿	48.1 ± 1.9	24.8 ± 6.8
亜熱帯種		
台東豆柿 (<i>D. taitoensis</i> Odashima)	36.7 ± 3.3	0
台湾豆柿 (<i>D. morrisiana</i> Hance)	56.7 ± 9.4	0

注) 予備凍結は、-30℃まで行い、-150℃のディープフリーザーで保存した。融解は、25℃の恒温室に1日保持して行った。

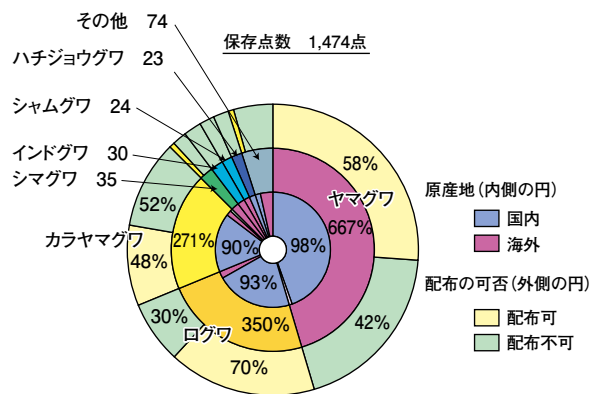


図4-7 農業生物資源ジーンバンク（NIASGB）に保存されているクワ遺伝資源の内訳

にある840点の品種・系統の所在情報が明らかにされた。その後、NIASGBで保存するクワ遺伝資源1,300点あまりの来歴と特性情報が整理され（町井ら1999）、Web上にも公開されている。平成17年度末のNIASGBにおけるクワ遺伝資源の総保存点数は1,474点であり、町井ら（1999）がとりまとめた数に比べてやや増加している。これは、上野ら（1989）、水本・市橋（1994）および小山ら（2004a, 2004b, 2005）により、国内外の探索により収集された遺伝資源や新規の育成系統等が加えられたためである。しかしながら、1982年に国内で維持・保全されていた系統のうちすでに30系統が消失した。保存されているクワ遺伝資源1,474点の内訳を示した図4-7をみると、ヤマグワ、ログワおよびカラヤマグワ系が全体の約9割近くを占め、次いでシマグワ、インドグワが多い。日本原産のクワ遺伝資源では、上位4種に加えハチジョウグワ、オガサワラグワが多い。オガサワラグワの中には四倍体の野生グワの系統が含まれ、現地では二倍体のシマグワとの交雑によって三倍体の個体が増大する傾向にあり、希少種として保護しておく必要がある。外国産では、インドグワの30系統、ログワおよびシムグワの24系統に次いで、カラヤマグワ、マルバグワおよびヤマグワなどが多い。

クワは栄養繁殖性であり、果樹類などの木本作物と同様に原則として圃場における成体保存が行われているが、養蚕業の急速な減退に伴い、国公立の試験研究機関の大幅な縮小と廃止が行われ、クワ遺伝資源の維持・保全が困難になっている。しかし、クワの地方品種や改良品種には、環境適応やさまざまな有用形質に関する遺伝子が集積されており、遺伝資源として保全

しておく必要がある。第1に現在なお養蚕業が引き続き行われている東南アジアの国々のクワ改良に必要な遺伝資源としての活用の可能性、第2に新たな製紙資源としての利活用、第3に新たなバイオマス資源としての可能性なども考えられる。

このように、現在の差し迫った必要性よりは、むしろ将来の新たな生物資源として可能性が見込めるクワなどの遺伝資源こそ、液体窒素などによる超低温保存が有効になると考えられる。

本章で報告したクワ遺伝資源に関しては、 -135°C のディープフリーザーに5年間保存された376品種のうち、279品種（74%）が50%以上の生存率を示しており、Towill *et al.*（2002）の結果と遜色ない成績であった。さらに、8年間にわたって生存率を調査した結果から、生存率に変化がないことを明らかにすることができた。

なお、超低温保存後の再生において、成功率は低かったが、芽接ぎの方が茎頂培養よりも速やかに再生できる可能性を明らかにした。クワ以外では、超低温保存後リンゴの芽接ぎによる再生率は、24～76%の間で平均70%と高い値が報告されている（Forsline *et al.* 1998）。本実験で芽接ぎの成功率が低かったのは、芽接の技術に問題があったためとみられ、超低温保存したクワ冬芽の再生には、芽接が適していないとは必ずしもいえないと考えられる。

クワ冬芽の超低温保存が実用的に十分利用可能であると判断されたので、NIASGBでは、クワ遺伝資源の品種・系統1,474点の超低温保存を平成15年から開始した（図4-8）。

新野ら（1991）による改良液体窒素保存法を参考に



図4-8 クワ冬芽を超低温保存中の液体窒素タンク

して、以下のような手順をマニュアル化した。

- (1) 冬季に冬眠芽をもつ枝条を採取し、木質部分を少し着けて冬芽を切り取り、水分含量が約39%になるまで室温で風乾する(25℃で約2~3時間処理)。
- (2) 高さが5cmのクライオチューブに風乾した冬芽を約20個ずつ入れ、0℃に1日保持する(1系統クライオチューブ8本、160冬芽)。
- (3) -5℃, -10℃, -15℃, -20℃の冷凍庫に1日間隔で移し替えて予備凍結を行い、冬芽の器官外凍結を誘導し茎頂部分の脱水を行う。
- (4) 予備凍結が終わった冬芽は、液体窒素タンクの気相部(-160℃)に直接入れ保存する。
- (5) 長期保存後の冬芽からの再生にあたっては、37℃の温水中に3~5分間浸漬して融解し茎頂培養するか、または2年生苗に直接芽接ぎする。

さて、クワをはじめ果樹類や樹木類などの冬芽は耐凍性(凍結耐性)が高いため、超低温保存に向いているとみられ、次のような利点がある。

- ① 耐凍性が高いため、-20℃~-40℃までの予備凍結後、容易に液体窒素に保存できる。
- ② 冬芽は枝ごと採取でき、保存材料として均一な冬芽が大量に得られる。
- ③ 低温下(-1℃~5℃)である程度の期間貯蔵でき、輸送も容易である。
- ④ クワなどでは芽接ぎにより個体再生が容易で、遺伝的安定性も高い。
- ⑤ 保存処理の効果に関して、品種間差が少ない。

耐凍性の高い冬芽を使った超低温保存はすべての植物に適用できるわけではないが、簡単な手順で、大量の品種を安定、確実に、しかも低コストの極めて有効な長期保存法である(酒井 2006)。

現在までのところ、クワ以外で冬芽を用いた超低温保存が可能とされている作物種には、リンゴ(Tyler and Stushnoff 1988, Forsline *et al.* 1998), ナシ(Oka and Yakuwa 1991, Suzuki *et al.* 1997), オウトウ(Towill and Forsline 1997), ラズベリー(Niino *et al.* 1990)などがある。

果樹類や樹木類などの冬芽を用いた超低温保存を最も大規模に実用的に実施しているのは、米国フォートコリンにある国立遺伝資源保存センター(NCGRP)である。NCGRPでは、米国ジェネバのリンゴ遺伝資源の保存圃場からリンゴの冬芽を取り寄せて、緩速凍結保存法により脱水処理を行い液体窒素タンクに

保存している。この方法で現在約2,000品種に及ぶリンゴ遺伝資源が保存されている。生存率は30%以上を示す品種が全体の86%を占めている(Towill *et al.* 2002)。

NIASGBでは、ナシやリンゴなどの果樹類の遺伝資源に超低温保存を適用する計画をもっており、クワで先行的に実施したクワ冬芽の超低温保存のノウハウを活かすことができると考えられる。冬芽の超低温保存において重要なことは、予備凍結温度ならびに解凍時の処理であり、リンゴやナシの場合には、両者とも予備凍結温度は-30℃で、融解処理はそれぞれ4℃で1日および0℃で2時間以上保持する方法が有効であると考えている。

このような超低温保存技術で懸念されるのは、保存中に植物組織に遺伝的な変化を生じる危険性である。一般に、液体窒素中で長期保存される組織や細胞では、生理・生化学反応がほとんど停止するため、遺伝的变化が最小限に抑えられるとみられ(酒井 1991)、植物体を再生させるための茎頂培養の過程でも遺伝的変異は、あまり発生しないと考えられている(菅原 1987)。液体窒素を用いた超低温保存ではないが、Cheyne and Dale (1986)は、低温で保存したクローバ茎頂から再生した500近い再生植物体に形態的異常はみられなかったことを報告した。他方、Monette (1986)は低温保存したキウイフルーツの再生植物体に、葉の膨潤や色調異常が起こることを報告した。これらの再生植物体に出現する変化が低温保存に伴う一時的なものか、あるいは遺伝的変異となっているのかを明らかにする必要がある。クワでは、葉の切れ込みなど形態特性が生育段階、肥培条件、あるいは樹齢などの違いによって変化することが知られており(南沢 1978, 町井・片桐 2002)、本章の結果で、超低温保存後に組織培養により再生したクワ植物体に現れた特性の変異は一時的なものであり、超低温保存に伴う遺伝的变化とは考えにくいだが、継続して確認していく必要があると考えられた。

第5章 遺伝資源の保全と権利をめぐる情勢と意識の変化

植物遺伝資源を含む生物資源に対する権利意識は、1992年の生物多様性条約(CBD)の発効以降大きく変化した。それ以前は、FAOの申し合わせ(IUPGR)

に沿って、人類の共有財として、いつでもだれもが自由にアクセスし利用することができた。しかし、CBDにおける「原産国の主権的権利」やFAOの食料農業植物遺伝資源条約（ITPGR）における「農民の権利」が認知され、遺伝資源をめぐる権利意識は高揚の一途を辿ってきた。

15世紀の大航海時代における植物ハンターたちの活躍と新大陸の発見、新大陸からの新作物導入に端を発する新植物資源の探索、新大陸移住に伴う農作物の導入と遺伝資源の収集、栽培植物の起源に関する研究と大規模な農作物品種の探索・収集、さらには科学的育種の素材としての農作物遺伝資源の世界規模での獲得競争へと、数世紀にわたり植物遺伝資源は人類の共有財産とみなされ、いつでも、どこでも、だれでもが自由に探索・収集・保存・利用することができた（鶴飼2005）。

しかし、CBDにより遺伝資源を取り巻く情勢は劇的に変化し、農作物遺伝資源の原産国の主権的権利が認められた。その結果、農作物遺伝資源の取り扱いに関して法的拘束力のある包括的な国際的合意ができあがり、「人類の共有財産としてのフリーアクセス」から「原産国の主権的権利に基づく限定的な材料移転」へと劇的なパラダイムシフトが起こった。

CBDは、地球環境の保全に端を発する条約であったが、農作物遺伝資源を含む生物資源の権利の帰属とその活用に伴う利益配分の問題にまで波及した。CBDとITPGRの成立の経緯ならびに遺伝資源の権利意識をめぐる変遷については表5-1に整理した。本章では、農作物遺伝資源の保全と権利をめぐる情勢の変化とそれに伴う意識の変化について論考する。

1. FAO申し合わせ（IUPGR）の効用と問題点

1990年頃までは、遺伝資源は「人類の共有財産」であり、それらへの自由なアクセス（取得や交換）を促進することが重要であるということが国際的に共通の認識であり、その理念が「植物遺伝資源に関する国際的申し合わせ（IUPGR）」（FAO申し合わせ）に反映された（FAO 1983）。

1989年のFAO総会では、本申し合わせが植物の新品種の保護に関する国際条約（UPOV条約）で保護されている育成者権（Breeder's right）を侵害しないことが議決された。一方、同年に採択された決議では、開発途上国側から提案された「農民の権利（Farmer's

right）」が同時に認められることとなった。その根拠となったのは、人類の共有財である遺伝資源を用いて育成された新品種に対して、先進国の民間企業や研究機関が育成者権を主張したためである。それに対抗して、開発途上国側から「農民が伝統的に果たしてきた品種改良の役割」を認めるべきという認識が生じ、「地方品種（landrace）は農民や地域社会により積極的に作りだされた資源である」とする開発途上国側の主張が強まり、「農民の権利」が認められる結果となった。このため、先進国側は「FAO申し合わせ」の採択に難色を示した。すなわち、遺伝資源が「人類の共有財産」であるという考え方に立つと、それらを使って開発される新品種に対して育成者権を主張できなくなる懸念が生じた。その結果、米国や日本など多くの先進諸国は「FAO申し合わせ」の採択を留保した。

「FAO申し合わせ」のねらいは、植物遺伝資源を自由に探索、保全、評価し、作物育種や科学研究に利用することを保証するとともに、人類の共有財産としての植物遺伝資源は、いつでもだれもが無制限に利用できるようにすることにあった。「FAO申し合わせ」の具体的な措置は、探索収集、保全、管理、評価、記録、交換の活動を開始すること、これらの活動を行う機関に資金、技術面での支援を行うこと、作物育種から得られる利益を公平かつ制限無く分配することとされた。

わが国では、第2章で論じた通り、大学学術調査隊をはじめ、農林省の種苗導入事業、ジーンバンクの海外探索などを継続的に実施して、遺伝資源の探索収集や導入が積極的に進められた。その結果、農林水産省ジーンバンク（MAFFGB）、現在の農業生物資源ジーンバンク（NIASGB）の保存点数も大幅に増加させることができた。

わが国をはじめとする先進諸国は、開発途上国の遺伝資源を自由に収集、活用して作物育種を進めるとともに、有効成分などの特許化を図るなどして途上国の所有する遺伝資源の恩恵に与ってきた。その反面、開発途上国は、自国に産する豊かな遺伝資源を先進国に収奪される一方で、何ら恩恵も受けてはいないという意識を強く持つに至り、遺伝資源をめぐる、いわゆる南北対立が顕在化した。

2. 国際農業研究センターにおける遺伝資源保全と国際遺伝資源計画（SGRP）

国際農業研究協議グループ（CGIAR）傘下には、

表5-1 生物多様性条約 (CBD) と食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGR)

年	生物多様性条約 (CBD)	食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGR)	備考
1947 1974 1980 1983		FAO 植物・動物育種材料小委員会の開催 「国際植物遺伝資源理事会 (IBPGR)」の 設立 (FAO)	研究機関の筑波移転 農業生物資源研究所発足
1985		「植物遺伝資源に関する国際的申し合わせ」 IUPGR の採択 (FAO 第22回総会) 「FAO 植物遺伝資源委員会」の設立 (FAO 第22回総会)	農林水産省ジーンバンク事 業開始 つくば科学万博開催
1987	国連環境計画 (UNEP) が生物多 様性の保全に関する専門家会合の 設置決定		
1988	第1回専門家会合開催		「スリランカ植物遺伝資源 センター計画5+2カ年)」 の開始
1989		「FAO 申し合わせ」は育成者権 (UPOV 条約) を侵害しないと議決、同時に「農 民の権利」の概念の承認	「チリ植物遺伝資源計画の (5+2カ年)」開始
1990	第1回政府間条約交渉会議 (11月)		
1991		「国際植物遺伝資源理事会 (IBPGR)」を 「国際植物遺伝資源研究所 (IPGRI)」と 改組	
1992	「生物多様性条約 (CBD)」の採択 (ケニヤ・ナイロビ)・日本署名 (6 月)		
1993	「生物多様性条約」の発効 (12月)・ 日本締結 (5月)		「パキスタン植物遺伝資源 保存研究所計画 (5カ年)」 の開始
1994	第1回締約国会議 (COP1) 開催 (バハマ)	IPGRI が調整機関となり、国際遺伝資源 計画 (SGRP) が開始	
1995		「FAO 植物遺伝資源委員会」を「食料・ 農業遺伝資源委員会」に改組	第1次生物多様性国家戦略 の策定 (10月)
1996	第3回締約国会議 (COP3) 開催 (ア ルゼンチン：以後2年おきに開催)	食料農業植物遺伝資源白書・ ライプツヒ宣言 (世界技術会議)	
1997			「ミャンマー・シードバン ク計画 (5カ年)」の開始
2001		「食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGR)」 の採択 (FAO 2001.11.3)	独立行政法人農業生物資源 研究所発足
2002	第6回締約国会議 (COP6) 開催 (オランダ)：ボン・ガイドライン の採択 (遺伝資源利用の利益配分 に関する国際的ガイドライン)		第2次生物多様性国家戦略 の策定 (3月)
2003	バイオセーフティに関するカルタ ヘナ議定書発効		
2004	第7回締約国会議 (COP7) 開催 (マレーシア)	「食料農業植物遺伝資源条約」の発効 (2004.6.29)	
2006	第8回締約国会議 (COP8) 開催 (ブラジル)	第1回締約国会議の開催：標準材料移転契 約 (SMTA) の採択 「国際植物遺伝資源研究所 (IPGRI)」を 「Bioversity International」に改組	
2007			第3次生物多様性国家戦略 の策定 (11月) 農林水産省生物多様性国家 戦略の策定
2008	第9回締約国会議 (COP9) 開催 予定 (ドイツ)		

16の国際農業研究センター（現在は15機関、以下、CGセンターと省略）があり、CGセンターごとに責任をもつ作物（mandate crop）が定められている。たとえば、国際イネ研究所（IRRI）はイネ、国際バレイショセンター（CIP）はバレイショやサツマイモを研究対象としており、育種や栽培の研究をはじめ、遺伝資源の収集ならびに保存を行っており、保存品種や育成系統を原則的に無償で配布している。

1996年現在、世界の植物遺伝資源の約10%がCGセンターで保存されている（FAO 1996a）。それらを統一的に管理し、人類共有の財産として保全するとともに、世界の誰もが等しく利用できるようにするため国際遺伝資源計画（System-wide Genetic Resources Programme, SGRP）が1994年に開始された。国際植物遺伝資源研究所（IPGRI、現在のBioversity International）が調整センターとなり運営されるCGIARの組織横断的遺伝資源計画である。このSGRPは、すべてのCGセンターの遺伝資源活動を統括し、作物、家畜、森林、海洋生物の資源問題を取り扱うこ

ととされた。

SGRPではCGセンターが分担する遺伝資源計画の活動を統括・調整するとともに、遺伝資源に関する政策、公衆認知、情報、知見・技術、能力開発の5つの領域で協力関係を最大限に高めることを目指した（IPGRI 1999）。現在から将来にわたる生物多様性の持続的管理を図り、植物、動物、森林および水生生物の多様性保全と持続的開発による世界の農林水産業の一層の発展を図り、貧困撲滅、健康増進、食料安全保障、地球環境保全の実現に繋げることとされた。

1996年にドイツのライプチヒで開催された第4回国際植物遺伝資源技術会議において報告された世界植物遺伝資源白書（FAO 1996a）を受け、表5-2のような植物遺伝資源の保全とその持続的利用並びに貧困解消のための世界行動計画（Global Plan of Action, GPA）（FAO 1996b）が提案・承認された。GPAは、各国および国際社会が取り組まなければならない、①生息域内保全と開発、②生息域外保全、③植物遺伝資源の利用および④制度および能力開発、の4分野にわたる20

表5-2 世界行動計画（Global Plan of Action : GPA）の20の優先活動分野

生息域内保全と開発
1. 食料・農業のための植物遺伝資源の調査及び目録作成
2. 食料・農業のための植物遺伝資源の農家圃場内管理と改良の支援
3. 災害にあった農民の農業システム再構築の援助
4. 作物近縁野生種及び野生植物の生息域内保全の推進
生息域外保全
5. 現存の生息域外コレクションの維持
6. 危機状況にある生息域外サンプルの再増殖
7. 計画的かつ的を絞った収集に対する支援
8. 生息域外保全活動の拡大
植物遺伝資源の利用
9. 利用促進のための特性の評価とコア・コレクション数の拡大
10. 遺伝的改良と遺伝的基盤の拡大努力の増強
11. 作物生産の多様化と作物内の多様性拡大による持続的農業の促進
12. 低利用作物及び低利用種の開発と市場化の促進
13. 種子の生産及び配布への支援
14. 地方品種や多様性に富む農産物のための新たな市場開発
制度及び能力形成
15. 強力な国家計画の策定
16. 食料・農業のための植物遺伝資源のネットワーク化の促進
17. 食料・農業のための植物遺伝資源の包括的情報システムの構築
18. 食料・農業のための植物遺伝資源の滅失に対するモニタリング及び早期警戒システムの開発
19. 教育及び訓練の拡張と改善
20. 食料・農業のための植物遺伝資源の保全と利用の意義に対する大衆意識の啓発

の優先行動課題と勧告を挙げたものである。植物遺伝資源分野における今後の協力活動の指針であり、CGセンターにおけるSGRPに呼応して、各国が自国の遺伝資源の保全を求める計画となっている。

3. 生物多様性条約 (CBD) の特質と課題

1993年のCBD発効当初は、野生生物の保護、クジラやパンダの絶滅防止、国立公園の整備などに端を発し、地球環境の保全に重点がおかれ、農林水産業分野で深刻化していた遺伝的浸食の問題には触れられていなかった。ところが、地球生態系の維持・保全には、農林水産生物の多様性がきわめて重要であるとの認識の高まりに伴い、CBDの締結交渉の過程で、農林水産生物の多様性保全の問題が取り込まれることとなった。

CBD前文では、「生物資源は地球上に暮らす人類にとってかけがえのない重要なものであること」、「生物多様性の保全が人類共通の関心事であり、自国の生物資源について主権的権利があること」、さらに、「自国の生物資源の保全と管理に責任があること」などが謳われた。

この条約では、生物資源の権利は、主権ではなく主権的権利とされているが、国際法上、主権は「sovereignty」で、主権的権利は「sovereign rights」である。「主権的権利とは、特定の事柄に関してのみ、他を排除し、あるいは他の利用を排除する権利」を言う。大陸棚条約においても主権的権利が明記されている。すなわち、当該国が大陸棚を独占的に使用していない場合においても、他国が大陸棚資源を採掘したりすることはできないとされている。主権的権利を有する国、あるいは沿岸諸国の許可がない限り大陸棚資源の開発を行うことはできない。さらに、主権とは異なり、主権的権利は、あくまでも大陸棚の資源開発に限定して権利がおよぶこととなる(磯崎 1997)。

CBDでは、生物資源に関する主権的権利を生物種や遺伝資源に対して設定している。いずれの場合も、主権的権利は生物資源の保有国(原産国)に永続的に帰属する(磯崎 1997)。遺伝資源に関する主権的権利がその原産国に帰属するとする考え方は、「FAO申し合わせ」における過去・現在・将来にわたる植物遺伝資源の保全、改良、利用可能なかたちでの提供面での原産地ならびに多様性中心地域における農民の貢献に由来する権利、いわゆる「農民の権利」から発展した

概念とみることができる。

元来、CBDのねらいは、生物多様性の保全と持続的利用、その利用から生ずる利益の公正な配分にある(第1条)。この条約でいう生物多様性は、陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系、その他生息域または生育場所を問わず、すべての生物間の変異性をいい、種内の多様性、種の多様性および生態系の多様性を包括した広範囲の概念である(第2条)。したがって、すべての農林水産生物が対象となる。

CBDの締約国間で遺伝資源にアクセス(探索・収集・交換など)をする場合には、アクセスの条件を必ず規定する必要がある。その条件とは、①当事国間において、②事前に同意して、③相互に合意することされている。

CBD発効以前の遺伝資源の探索・収集は、それを保有する側とそれを探索・収集する側の双方の研究者間の了解、あるいは研究機関間の合意が成り立てば、個人レベルでも機関レベルでも実施可能であった。しかし、CBD発効以降は、研究者個人や研究機関の間での了解や合意のみでは、探索・収集は行えなくなった。すなわち国家間の合意をとりつけることが必要となった。CBDの発効を機に遺伝資源に対するアクセスの考え方や具体的な方法が劇的に変化したといえる。

CBDの第15条の1項において、「各国は、自国の天然資源に対して主権的権利を有するものと認められ、遺伝資源の取得の機会につき定める権限は、当該遺伝資源が存する国の政府に属し、その国の国内法令に従う。」と保有国の権利が規定された。これを受けて国内法の整備が開発途上国を中心に進められた。たとえば、フィリピンでは、大統領令第247号が發布され、フィリピン国内の遺伝資源の調査に関するガイドラインが制定され、調査に係わる事前承認および利益の配分が定められた(Glowka 1998)。インドネシアでは、植物種苗に関する法律(2000年法律第29号)が制定され、遺伝資源の持ち出しを規制した(Silitonga and Bermawie 2006)。タイでも、植物品種保護法(1999年11月)(清水 1999)、南米5ヵ国(ボリビア、コロンビア、エクアドル、ペルー、ベネズエラ)でもアンデス協定 Decision 391(1996年7月)が制定され、遺伝資源の探索・収集や持ち出しが難しくなった(Ten Kate 1997)。現在もなお、多くの開発途上国において遺伝資源の持ち出しを抑制あるいは禁止する法律の

策定が続けられている。

わが国では、遺伝資源の海外への持ち出しについては、ほとんど制限がないが、開発に伴う生物生息域の減少や環境劣化、移入種による生態系の攪乱などにより生物多様性の減少や消失が進行していることに鑑み、現在のみならず将来にわたり、生物多様性の保全と持続的開発はきわめて重要な課題である。このため日本政府は、生物多様性国家戦略（環境庁 1995、環境省 2007）を制定して生物多様性の保全を図る取り組みを開始している。

遺伝資源の移動・導入にあたっては、CBDのアクセスに関する3原則、ならびに原産国の遺伝資源に関する国内法の整備状況などによりアクセス条件に関する合意が得られない場合が多く、新たな遺伝資源へのアクセスが非常に困難になっている。農業生物資源研究所が実施しているジーンバンク事業における海外での探索・収集についても、CBD発効以降、派遣件数や遺伝資源導入数が減少の一途を辿っている。

現在、先進諸国が保有する遺伝資源の大部分は、CBD発効以前に収集されたものであり、フリーアクセスが可能である。しかし、CBD発効後に新たに収集された遺伝資源へのアクセスにあたっては、CBDの規定遵守が義務づけられている。ところが、開発途上国側からはCBD発効以前に収集された遺伝資源を条約の適用範囲の外におくことに大きな反対がある。それは、CBD発効以前に探索・収集された遺伝資源が圧倒的に多く、CBD以降に収集された遺伝資源に限定すると、その利活用に伴う利益還元が少なくなってしまうためである。

4. FAO 食料農業植物遺伝資源条約（ITPGR）の効用と課題

地球環境の劣化防止あるいは保全をねらいとするCBDの発効により、野生植物とともに農作物の遺伝資源に対する原産国の主権的権利が認められた。これに伴い植物遺伝資源に関するFAO申し合わせとの間に生じた齟齬を調整する国際的な話し合いが始められた。両者の調整をはかるために、7年間にもわたる国際交渉が必要であった。

この長期にわたる国際交渉により、食料生産に直接関係する植物遺伝資源に関しては、CBDのアクセスの3原則では、当事国間でアクセスを制限することにより原産国あるいは特定国による寡占状態を引きお

こす恐れがあり、食料安全保障の観点からCBDとは別の扱いにするのが望ましいとの合意に達した。食料農業植物遺伝資源へのアクセスとその利用により生ずる利益の配分や植物以外の遺伝資源にも議論を拡大するために、FAOの植物遺伝資源委員会は、「食料農業植物遺伝資源委員会（CGRFA）」に改組された（FAO 1995）。

食料農業植物遺伝資源のアクセスに関し、またその活用に伴う利益配分に配慮して、遺伝資源に関するFAO申し合わせを改訂する作業が1994年から開始された。7年間の議論を経て、2001年11月の第31回FAO総会において「食料農業植物遺伝資源に関する国際条約（ITPGR）」（FAO 2001）が採択された（図5-1）。



図5-1 ITPGRが採択された第31回FAO総会
（2001年11月3日、イタリア・ローマ）

このITPGRでは、主要農作物遺伝資源へのアクセスを促す国際的枠組みを構築するとともに、遺伝資源の利用により生ずる利益の一部を還元し国際的に管理して、開発途上地域の植物遺伝資源の保全と持続的開発を支援することを目指した。

ITPGRの対象となるのは、表5-3の「クロップリスト」に掲げるイネ、コムギ、オオムギ、バナナなどの35の主要農作物と29属の牧草種である。しかし、世界的に重要なダイズとラッカセイ、ならびにサトウキビに関しては、交渉過程において特定国の反対により除外された。たとえば、ダイズに関しては、多数の遺伝資源を保有し、その原産国である中国の強い反対により除外された。また、野菜類ではトマトやキュウリが除外された。さらに、コンニャクやイグサは、日本など少数の限られた国でしか利用されないという理由、花き類や薬用植物は食料ではないという理由でリストには載らなかった。いずれの場合もITPGRの対象と

表5-3 食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGR) のクロップリスト

作物

パンノキ (*Artocarpus*), アスパラガス (*Asparagus*), エンバク (*Avena*), ビート (*Beta*),
 キャベツ類 (*Brassica complex; Brassica et al.*), キマメ (*Cajanus*), ヒヨコマメ (*Cicer*), カンキツ類 (*Citrus*),
 ココナツ (*Cocos*), サトイモ類 (*Major aroids; Colocasia and Xanthosoma*), ニンジン (*Daucus*), ヤムイモ (*Dioscorea*),
 シコクビエ (*Eleusine*), イチゴ (*Fragaria*), ヒマワリ (*Helianthus*), オオムギ (*Hordeum*), カンショ (*Ipomoea*),
 グラスピー (*Lathyrus*), レンズマメ (*Lens*), リンゴ (*Malus*), キャッサバ (*Manihot*), バナナ (*Musa*), イネ
 (*Oryza*), トウジンビエ (*Pennisetum*), インゲンマメ (*Phaseolus*), エンドウ (*Pisum*), ライムギ (*Secale*), パ
 レイショ (*Solanum*), ナス (*Solanum*), ソルガム (*Sorghum*), ライコムギ (*Triticosecale*), コムギ (*Triticum et*
al.), ソラマメ (*Vicia*), ササゲ類 (*Vigna*), トウモロコシ (*Zea*)

牧草

(マメ科牧草) レンゲ属 (*Astragalus*), ナタマメ属 (*Canavalia*), オウゴンハギ属 (*Coronilla*),
 ヘディサリウム属 (*Hedysarium*), ラチラス属 (*Lathyrus*), ハギ属 (*Lespedeza*), ミヤコグサ属 (*Lotus*),
 ルピナス属 (*Lupinus*), ウマゴヤシ属 (*Medicago*), シナガワハギ属 (*Melilotus*), オノブリキス属 (*Onobrychis*),
 オルニソパス属 (*Ornithopus*), プロソピス属 (*Prosopis*), プエラリア属 (*Pueraria*), トリファリウム属 (*Trifolium*)
 (イネ科牧草) アンドロポゴン属 (*Andropogon*), アグロパイロン属 (*Agropyron*), コスカグサ属 (*Agrostis*),
 スズメノテッポウ属 (*Alopecurus*), オオカニツリ属 (*Arrhenatherum*), カモガヤ属 (*Dactylis*), ウシノケグサ属
 (*Festuca*), ドクムギ属 (*Lolium*), クサヨシ属 (*Phalaris*), フェレウム属 (*Phleum*), イチゴツナギ属 (*Poa*),
 トリプサカム属 (*Tripsacum*)
 (その他) アトリプレックス属 (*Atriplex*), サルソラ属 (*Salsola*)

注: カッコ内は属名で, 対象となる種は, その中のすべてあるいは特定の種。

なるのは, 生息域外保存の遺伝資源に限られることとなつた。ここで重要なことは, 国際農業研究センターに信託保管されている約60万点にのぼる植物遺伝資源がこの条約の対象に含まれたことである。

ITPGRは2004年6月29日に発効し, 2006年6月に第1回締約国会議が開催され, 遺伝資源を入手するときの標準の契約書式 (標準材料移転契約), 条約運営のための資金調達の戦略および条約の遵守のための罰則などが承認された (FAO 2006)。

わが国は, 遺伝資源の利用から生ずる成果の利用にあたって, 遺伝子特許の取得の可能性が曖昧であり, 国内法 (主に特許法) との整合性を確認する必要があるとして, 2001年11月の採択時には米国とともに棄権し, 2008年現在も加入していない。

ITPGRで定めた食料農業植物遺伝資源へのアクセスとその利用により生ずる利益の配分に関しては, CBDと同様なルールをFAO憲章の下で, 別に定める国際条約に基づいて実施するものであり, ITPGRはCBDの特別法ともみることができる。CBDでは, 当事国間の交渉により定められる利益配分規定に基づき遺伝資源へのアクセスが行われる。これに対して,

ITPGRでは, 多国間でのフリーな遺伝資源アクセスを可能とするために, 国際的に共通のルールを定めた。

解決を要する課題は二つあった。その一つは, 遺伝資源へのアクセスを促進しつつ, その利用により生ずる利益を公正に配分するための多国間システム (Multi-lateral System, MLS) の構築であり, もう一つは「農民の権利」の扱いであった (図5-2)。

このMLSはCBDのように二国間の契約ではなく, 統一的様式の材料移転契約 (MTA) であり, すべての条約締約国が持つ遺伝資源にアクセスすることができる。MLSが必要な理由として, 食糧農業植物遺伝資源 (PGRFA) に関しては, ①原産国の特定が難しい, ②交換の長い歴史があり, 新品種開発に伴う二次的とも言える原産国が存在する, ③特定品種の育成に多系交配が行われている等々, 利害関係が複雑に絡み合っていることがあげられる。さらに, 遺伝資源の持ち出しに制限を課す国内法が各国で制定され, 食料安全保障上重要な育種事業が停滞することも懸念される。

MLSの対象作物に関しては, ITPGR第11条2項において政府管理監督下にあり, かつ知的所有権で保護されていないもの (public domain) であることが規定

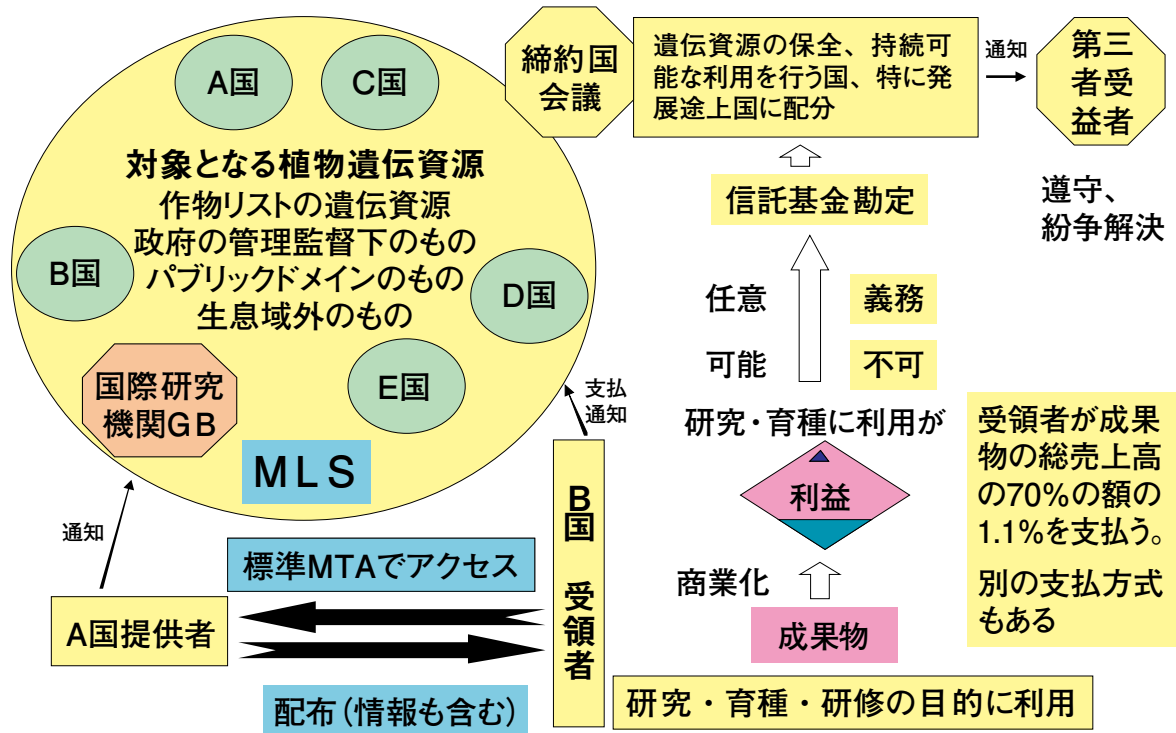


図5-2 食料農業植物遺伝資源条約の多国間システム（MLS）の概要

されている。なお、地方自治体や民間会社などの所有する遺伝資源は含まれておらず、含めるように奨励されているのみであり、育成途中の系統等については育成者の裁量に任されている。

図5-2に示したように、MLSの対象となる遺伝資源へのアクセスに関しては、利用目的を「食料・農業のための研究、育種および研修」に限定するとともに、「食料・農業のための遺伝資源またはその遺伝的構成要素に対して、受領者が多国間システムから受領したままの形態で、アクセス促進を制約するような知的財産権および他のいかなる権利をも主張してはならない」と規定されている。そのため、加盟各国は、MLSにより取得した遺伝資源を用いて得られる知的財産権については、従来の特許水準などに何ら影響も及ぼさないと前提で加盟している。知的財産権などにより保護されている遺伝資源へのアクセスにあたっては、関連国際・国内法の遵守が定められ、また生息域内にある遺伝資源へのアクセスは、当該国内法令の遵守が定められている。

食料農業植物遺伝資源への円滑なアクセスとその利用により生じる利益の公正な分配を行うための多国

間システムの実行にあたっては、遺伝資源の提供者と受領者の間で交わす標準材料移転契約（Standard Material Transfer Agreement：SMTA）に従うとされている。2006年6月に策定されたSMTAは、利益配分法などのベースとなる事項や契約当事者の権利と義務等に関する事項が規定されており、その内容はきわめて重要である。

SMTAには表5-4に示す通り、契約で用いられる用語は厳密に定義され、MLSにおける利益配分に関しては、商業化による利益についての配分はもちろん、そのほかに情報交換、技術移転、能力構築なども含まれるとされている。商業化利益の配分については、その金銭的利益の一部をFAOに設けられる信託基金に支払うことが遺伝資源受領者の義務とされている。しかし、成果物がさらなる研究や育種のため他者が制限なく利用できる場合には、信託基金への支払い義務は免除される。たとえば、UPOV条約に基づく育成者権を有する品種については、この例外が適用されると考えられている。

さらに、「農民の権利」に関しては、従来からFAOで議論されてきたものに、CBD由来の伝統的知識

表5-4 ITPGRにおける用語の定義*

用 語	定 義
制限なく利用できる	「成果物は、法律上又は契約上の義務もしくは技術的な制限なく更なる試験研究及び育種に利用できること。」(UPOV 条約第15条と整合)、
遺伝材料	生殖繁殖性及び栄養繁殖性の材料など、遺伝の機能的単位を持つ植物由来のすべての材料
食料農業植物遺伝資源	食料と農業に関して現実的又は潜在的な価値を有するすべての植物由来の遺伝材料
開発中の遺伝資源	契約で受領した材料(契約材料)由来で、商業化の段階になく、かつ開発者が更に開発する意志があるか又は更に開発するために第三者等に移転する意志があるもの。開発期間は、当該材料が成果物として商業化された時点で終了。
成果物	契約材料又はその遺伝的部分又は構成要素を取り込んだ食料農業植物遺伝資源であり、商業化の段階にある。ただし、商品並びに食料、飼料及び加工に使用されるその他の生産物は除く。
売上高	契約材料の受領者、その系列会社、契約者、実施許諾を受けた者及び賃借人による成果物の商業化から生じる総収益
商業化する	公開市場において金銭的利益を得る目的で成果物を販売することをいい、開発中の食料農業植物遺伝資源の移転は商業化にはあたらない。
提供者の権利と義務	1) 個々の遺伝資源の入手経路を追跡することなく、無償又は有償においても最低経費を上回らず当該資源を迅速に提供しなければならない。 2) 開発中の食料農業植物遺伝資源の提供は、開発者の裁量に従う。
受領者の権利と義務	1) 契約材料の利用目的は、食料及び農業のための研究、育種及び研修のみとし、科学的利用、医薬利用並びにその他の非食料及び非飼料に関する産業上利用は含まない。 2) 受領した時の契約材料の形態をもって、(他者による)当該契約材料又はその遺伝的部分若しくは構成要素の円滑な取得を制限するいかなる知的財産権若しくはその他の権利を主張してはならない。 3) 契約材料を他者等に移転する場合、当該契約の条件で新たなMTAを交わす。 4) 成果物により取得した知的財産権を第三者に譲渡・移転する場合、当該契約の利益配分義務を合
紛争解決	当該契約により生じる紛争の解決は、以下の方法によらなければならない。 (a) 平和的紛争解決：当事者間の話し合いにより解決する。 (b) 調停：(a)により解決しない場合、当事者が相互に認める中立的な第三者による調停(を選択できる)。 (c) 仲裁：(a)又は(b)により解決しない場合、当事者が相互に認める国際機関の仲裁ルールに委ねる(ことができる)。合意に至らない場合、国際商業会議所(ICC)の仲裁ルールに基づき選任された仲裁人により解決しなければならない。

注) *出典：「食糧農業植物遺伝資源条約」仮訳(農林水産省 2001)より。

(Traditional Knowledge：TK)の要素も加え、過去および将来にわたり農民などが果たしてきた植物遺伝資源の保全への貢献を認識し、「農民の権利」を実現する責任は政府にあるとした。そこで、各国の国内法令に従い「農民の権利」を保護・助長するための措置を講ずることとしている。さらに、UPOV条約で認めている「任意的例外」として、農民が自作地で増殖する権利を認めている。

今後、日本政府がITPGRに対する態度を決めるにあたっては、MLSの透明性、公正性、ならびに実効性の確保がきわめて重要となる。わが国は、食料農業

植物遺伝資源の導入・利用のみならず、その提供を行う立場にもあり、CBDやITPGRにおける「主権的権利」をいかに行使していくかという重要な問題を包含していることを認識する必要がある。

5. 国際情勢の変化に対応する国内法の整備

先述のとおり作物遺伝資源をめぐる現今の国際情勢の下では、CBDやITPGR等の枠組みがほぼ固まり、遺伝資源の国際的移転は、これらの枠組みの中で行われる。これらは、わが国が海外の遺伝資源を利用する

にも、海外の利用者がわが国の遺伝資源を利用するにも不可欠な仕組みとなっている。

まず、海外遺伝資源の導入にあたっては、わが国で種苗登録された品種の権利を国内外で保護するための種苗法、農産物輸入に関連して国産品を保護するための関税法、外来病虫害の侵入を阻止するための植物防疫法などの関連法令がある。

これに対して、わが国の遺伝資源を海外に輸出するための国内法はあまり整備されていない。日本からの遺伝資源の持ち出しを制限する法令としては、登録品種の育成者権を保護する種苗法や希少生物の保護のため国際間移動を制限するワシントン条約などがある。しかし、CBDやITPGRに明記されている生物資源や食料農業植物遺伝資源に関する主権的権利を担保するための国内法令は整備されていないため、海外の収集家が日本国内で遺伝資源の収集を合法的に行うための仕組みや共同探索調査のやり方などについては、きわめて場当たりの対応しかできない状況にある。海外の研究者が日本国内の遺伝資源、たとえば農作物の地方品種を収集するための事前合意には、いずれの機関が責任をもって対応できるのか、材料移転契約(MTA)を締結する機関はどこかなどについて、明確な回答は行政部局から得られていないのが現状である。

ITPGRは新しい条約であるが、わが国は現在未加入であることから、国内法の整備に関する具体的動きはみられない。他方、CBDが発効した1993年以降に、種苗法や植物防疫法については何回かの改正が行われている。しかし、CBDに直接対応した改正というよりも、知的財産権としての育成者権保護の強化や重要病害に対する侵入阻止等をめざしたものであった(小林 2005)。

ところで、途上国の先住民などが持つ遺伝資源などに関する伝統的知識と特許の成立要件などについて、多くの事例が報告されている。しかし、伝統的知識は公知の事実と認識され、特許は成立しないとされることが多い(森岡 2005)。

6. 考察

化石エネルギー資源や金属鉱石などの鉱物資源の所有権は、原産国に帰属し、原産国の了承なく資源の開発・利用を行うことはできないことが常識化していた。しかるに、生物多様性条約(CBD)以前、生物

資源は人類の共有財とみなされ、いつでもだれもが自由にアクセスできた。

生物資源には、鉱物資源などとは異なるいくつかの特徴がある。

- ① 生物資源は原産地から搬出し増殖できる
- ② 生育環境に適応して分布域を変える
- ③ 自然進化と人為的改良の所産である
- ④ 既存資源から新資源を産出できる

これらの特徴が生物資源の権利意識を主張しにくくしていたと考えられる。しかし、CBDの検討過程において地球環境の保全に端を発した生物多様性の意義と重要性に対する認識の高まりの中で、作物資源に対する権利意識、とくに「原産国の主権的権利」や「農民の権利」が主張されるようになった。鉱物資源などの自然資源と同様に、生物資源に対する権利も原産国に帰属すべきことは当然の成り行きとみることができ

る。過去四半世紀における生物資源をめぐる国際情勢の変化、とくに生物資源をめぐる南北対立が露わになった。生物資源に恵まれた温帯から熱帯に位置する開発途上国(南)は、生物資源の開発や保全に必要な資力と技術が乏しい。その一方で、生物資源に乏しい冷温帯の先進国(北)が生物資源の開発・保全の資力と技術を持っている。このため、生物資源の南から北へ移動が一方向的に進み、生物資源の開発・利用に伴う北から南への利益の還元が疎かになりがちとなった。その結果、生物資源の収奪に対する南側の被害者意識と生物資源の開発に伴う北側の権利意識とが激しい南北対立を生んだ。開発途上国からは地域固有の生物資源が無断に持ち去られ、それらの利活用により先進国が莫大な利益を得る行為は、生物資源の横領行為を意味する「バイオパイラシー」という言葉を生んだ。すなわち、自国資源への主権を確立しようとする資源保有国(途上国)の不満があり、さらに、経済開発の遅れが、途上国が供給する資源を利用して高成長を遂げている先進諸国に対する不満と反発を起こし、その一方、途上国自らが保有する資源を基にして自国の経済開発を図ろうとするも、その資源が経済開発に有効な貢献をしておらず、南北間の格差が縮小していないこともさらなる資源ナショナリズムの高揚を招いていると考えられる。

ところで、CBDの発効以前に収集され保存された遺伝資源、とくにフリーアクセスを原則として誰にでも必要に応じて無償で配布されていたCGセンター

に保存されている遺伝資源の権利の帰属が問題となった。すなわち、FAO申し合わせ（IUPGR）における農作物遺伝資源に対する認識とCBDにおける生物資源に対する認識の間に齟齬が生ずる結果となった。

両者の齟齬を解消するハーモナイゼーションのための交渉が十年近く続けられた。その結果、IUPGRの精神を生かしつつ、地球環境の劣化防止に資する生物多様性の保全を図るべく食料農業植物遺伝資源条約（ITPGR）が策定された。この新たな条約では、食料生産や農業に深く関わる農作物をリストアップ（クロップリストを作成）して、このクロップリストに掲げられた農作物の収集済遺伝資源に対しては、多国間システム（MLS）に基づき、アクセスを促進しつつそれらの遺伝資源利用から生ずる利益を公正に配分することとされた。

この新条約（ITPGR）によりすべての問題が解決したわけではない。たとえば、ITPGRで規定するクロップリストには、原産国側の強硬な反対により、ダイズやサトウキビなど、いくつかの主要農作物が入れられなかった。さらに、新たな農作物遺伝資源を原産国などから移転するには、移転条件や利益配分などについて当事者間で材料移転契約（MTA）を締結しなければならない。

開発途上国側は、遺伝資源の利用により生じる利益の配分や遺伝資源に対するバイオパイラシー的行為を防止する観点から法的拘束力のある国際的枠組の策定を模索している。これに対して、日本をはじめとする先進諸国側は、CBDの第6回締約国会議（COP6）で採択された遺伝資源に関する政策立案や材料移転契約作成時の基準となる「遺伝資源へのアクセスとその利用から生じる利益配分の公正かつ衡平な配分に関するボン・ガイドライン」（通称：ボン・ガイドライン）で十分対応できているとしている。このボン・ガイドラインは法的拘束力をもたないが、農作物遺伝資源やそれに付随する伝統的知識に対する国内措置、各国間協定およびアクセス時の契約などに関する指針であり、遺伝資源へのアクセスに伴う伝統的知識への配慮、先住民や地域社会の事前同意、利益配分などについて規定している。

CBD第8回締約国会議（2006年3月ブラジルで開催）では、法的拘束力のある新たな枠組み作りをめざし、遺伝資源の原産国／出所／法的来歴の認証を検討する専門委員会の設置および開催、ボン・ガイドラインの実施経験の検証、既存枠組みの不足点を明らかにする

分析の継続などが決議された。このように生物資源をめぐる国際情勢は大きく変遷し、鉱物などの自然資源と同様に、生物資源に関しても原産国の主権的権利を尊重し、開発に伴う利益は公正に配分されることとなった。

食料不足、環境劣化、エネルギー資源枯渇などの地球規模問題の解決には、生物資源の保全とともに持続的利用が不可欠であり、生物資源の保有国と開発国との間の緊密な連携協力が必要になる。とくに、食料農業植物遺伝資源に関しては、単なる保全に留まることなく、持続的に開発・利用してこそ新たな資源が創出されることに意を配するべきであり、いたずらに原産国の権利を強調するあまり、開発が滞ることは極力避けなければならない。したがって、保有国は、一定の条件を付して広くアクセスできるように努める一方で、先進国は、遺伝資源の活用によりあげられる利益を公正に配分するフェアトレードをめざす必要がある。

CBDやITPGRが認める遺伝資源に対する原産国の主権的権利の行使にあたり、遺伝資源の豊富な途上国と先端的開発技術をもつ先進国との間の融和を図る取り組みとして、新品種の権利保護のための品種登録制度や新たな病害虫の侵入を阻止するための植物防疫制度の改善を図る必要があると考えられる。また、遺伝資源を利用した研究成果に対する知的財産権を主張するためには、その遺伝資源の来歴や原産国などについての正確な情報の取得が重要になると考えられる。

遺伝資源開発・活用に伴う利益配分に関連して、遺伝資源の保全に必要な資金援助をはじめ、遺伝資源の探索・収集・管理・保全・開発など、遺伝資源の保全と持続的開発のあらゆる段階で協力・協調をはかり、遺伝資源に対する独占意識ではなく、共有意識を高揚していくことがとくに重要と考えられる。

第6章 総合考察

20世紀の幕開けとともに再発見されたメンデルの遺伝の法則に端を発し、一世紀余りの間に遺伝学の発展をもとにして長足の進歩をとげてきた作物育種は、多収・良質・安定性に優れた幾多の改良品種を生み出してきた。多様な育種目標を達成するためには、育種の基礎となる育種材料の確保がきわめて重要である。しかし、改良品種の普及に伴い、長い年月をかけて農民

の手により育まれてきた地方品種，すなわち貴重な遺伝資源の喪失，いわゆる遺伝的浸食が急速に進行した。

近年のめざましい分子生物学とバイオテクノロジーの発展，なかんずく遺伝子組換え技術の進歩により，作物育種素材としての遺伝資源の活用範囲が全生物種にまで及ぶこととなった。あらゆる生物種の有用遺伝子の単離，クローニング，作物ゲノムへの導入・発現が可能となった。しかしながら自然進化と品種改良の所産としての作物品種は，遺伝資源としての価値をいささかなりとも減ずることはない（藤巻 2006）。作物品種のゲノムには，自然適応に有利な遺伝子や農業的に有用な遺伝子が多数蓄積されている。

本論文では，農作物遺伝資源の保全と持続的利用に関連して，わが国におけるジーンバンクの活動を振り返り，新たな展開を展望するとともに，作物の種子や器官・組織の超低温保存技術の改良によるジーンバンク事業の改善方向を提示した。また，近年の作物遺伝資源の権利意識の変化を踏まえ，とくに生物多様性条約前後の情勢変化に着目して，生物資源の原産国の主権的権利，作物地方品種に対する農民の権利，作物の改良品種の知的財産権の問題，さらに，生物資源をめぐる南北対立問題などについて論考した。

1. ジーンバンクの発展と役割

新植物資源の探索を目的とした近世ヨーロッパにおけるプラントハンターの時代の新植物資源の探索・導入にはじまり，新大陸移住に伴う作物遺伝資源の導入の重要性が広く認識されるようになった。その後，20世紀における近代遺伝学の発展とそれをもとにした作物育種技術の進歩に伴い，作物遺伝資源の重要性が再認識されるようになってきた。そこで，作物遺伝資源の探索，収集，保全，利用をめぐる活動の変遷と遺伝資源概念の変化などの国内外の情勢変化を概観するとともに，作物遺伝資源の多様性保全への取り組みの意義と重要性について論考する。

わが国の作物育種事業は，明治初期の三田育種場における作物の地方品種の収集や輸入品種の比較栽培試験に端を発し，海外から多数の種類の作物や品種が導入された（和田 1980）。20世紀に入り近代遺伝学にもとづく組織的育種が開始されると，イネやコムギなどの主要作物の育種では，収量，品質，耐病虫性などの

改良に必要な遺伝資源が必要となり，まず，地方品種が注目されるとともに，野菜や果樹では，わが国にはない珍しい品種が海外から導入されるようになった。

プラントハンターの時代とは異なり，作物育種に必要な遺伝資源の探索・収集では，作物の品種改良のための利活用が主目的となり，種内の遺伝的多様性の保全が重要な課題となった。そのため，遺伝的多様性の維持に必要な規模の標本集団の収集と保全が必要となった。また，ジーンバンクでは，遺伝的多様性を組織的に保全するとともに，育種家の要請に応じ，遺伝資源ならびにその特性情報を迅速に提供できるシステムの構築が必要となった。

農林水産省ジーンバンク事業では，センターバンクとしての農業生物資源研究所は大型の種子貯蔵施設（シードバンク）を整備するとともに，サブバンクとなる作目専門あるいは地域の試験研究機関に，栄養繁殖性作物の保全に必要な圃場を整備し，組織横断的な連携・協力体制が整えられた。センターバンクの責任者には，作物遺伝資源の収集，管理，保全，利用に関わる管理・運営とともに，作物遺伝資源関連研究の企画や実施に関して，機関・組織の枠を越えた調整権限が与えられた。

近年における農業情勢の変化と社会経済の発展に伴い，わが国などの先進諸国はもとより，豊かな作物遺伝資源をもつ熱帯・亜熱帯の開発途上国においても，改良品種の普及や開発に伴う環境劣化により作物の地方品種の消失が急速に進んだ。FAOの統計によると，20世紀中に作物の地方品種の約75%が失われた（FAO 1996c）。地球規模での遺伝的浸食が進行し，少数の能力の高い改良品種による寡占状態が顕わになった。こうした状況を踏まえ，遺伝資源に恵まれた開発途上国における遺伝資源の保全が緊急課題となり，世界各国の協力のもとに，作物遺伝資源の収集と保全が焦眉の急となった。

1972年，ストックホルムで開かれた「国連人間環境会議」において，各国政府がFAOと協力して世界の遺伝資源を保存するための行動計画に同意することが勧告された。これを受けて1974年に「国際植物遺伝資源理事会」（IBPGR，IPGRIを経て，現Bioversity International）が設立された。FAOは，1983年の第22回総会で「植物遺伝資源委員会の設置」と「植物遺伝資源に関する国際的申し合わせ」を決議した。

そこで，国際交流によって遺伝資源事業を円滑に進めるために，わが国は1991年にFAO植物遺伝資源委

員会に参画し、作物遺伝資源の保全活動に参加することとなった。こうした国際的な動向を踏まえ、わが国では、1985年に農林水産省ジーンバンク (MAFFGB) 事業が計画された。当初、植物、微生物、動物、林木および水産生物の5部門が設置され、1994年にはDNA部門を加え6部門となり、国内外の遺伝資源の保全と利用の中核機関として体制が整備された。

植物部門では、作物遺伝資源の探索・収集のために、国内外へ数十次にわたり探索隊を派遣して、消滅していく作物地方品種や近縁野生種の調査、収集、保全に努めた。その結果、たとえば、イネでは国内地方品種約2,400点、海外の地方品種約16,000点を収集・保全することができた。

「作物の地方品種などの遺伝資源は人類の共有財である」とするFAO申し合わせ (IUPGR) の理念に基づき、遺伝資源に恵まれないが、開発・利用の技術をもつ先進諸国は、育種素材として重要な作物地方品種や近縁野生種の収集・保全に力を注いだ。また、CGIAR傘下のCGセンターも作物遺伝資源の収集・保全に努めた。1996年に公表された「世界植物遺伝資源白書」によると、圃場ジーンバンクの約52万7千点を含む約610万点が世界中のジーンバンクに保存されている。なお、CGセンターが保存している育種素材としての利用に関しては、遺伝資源の無償配布が原則となっていた。

ところが1993年の生物多様性条約 (CBD) の発効に伴い生物資源原産国の主権的権利が認められると、事情は一変した。すなわち、作物遺伝資源の収集、保全、利用にあたっては、原産国の承認と認可が必要になったばかりでなく、遺伝資源の保有国と利用国の間で、遺伝資源の利用の仕方やそれによりもたらされる利益の配分などについての厳密な契約の締結が必要になった。山本 (2001) は、遺伝資源をめぐる国際的議論の歴史を次のように3期に区分して、植物遺伝資源の保全技術の進展と権利意識の変遷を体系的に整理した。

第1期 (1983年まで) : 1983年にFAOが「申し合わせ」を採択し、植物遺伝資源委員会を設置するまでの、自然科学者を中心に国際的な協力体制が構築されていた時代。

第2期 (1992年まで) : 遺伝資源の問題が地球環境問題、知的財産権問題さらにはその利用から得られる利益配分問題と関連をもってきて、社会科学的あるいは政治的色彩を帯びてきた時代で、CBDがひとつの世

界的な枠組みを定め、遺伝資源の利用から生ずる利益を遺伝資源の提供者に公正に配分するという考え方が盛り込まれたパラダイムシフトの時代。

第3期 (2001年まで) : CBDが定めた枠組みを具体化・実践すべく議論が始まった時代。

さらに、山本 (2001) は、その後の農業植物遺伝資源を交換するための世界的な枠組みを決定する一連の交渉が決着する時期を第4期 (実践の時期) と仮定した。事実としては、第5章で述べたように、食糧農業植物遺伝資源条約 (ITPGR) が2001年に採択され、2004年に発効し、遺伝資源の円滑なアクセスとその利用により生ずる利益の公正な配分を行う多国間システムの実践が可能となった。

以上のような遺伝資源をめぐる国際情勢の変化を考えると、わが国における農林水産省ジーンバンク (MAFFGB) 事業開始が数年遅れていたなら、いかなる事態を招いたかは、想像に難くない。

2. 農業生物資源ジーンバンク (NIASGB) 活動の特質と改善方向

NIASGBは、農業生物資源研究所をセンターバンクとし、農業関係の専門・地域研究機関等をサブバンクとする組織横断的ネットワークにより農業生物遺伝資源の収集、管理、保全、利用に関する業務を遂行するシステムである。

本論文では、農林水産省によるMAFFGBから独立行政法人農業生物資源研究所を中核とするNIASGBへ進んできた事業を概観するとともに、今後の改善方向を検討した。作物遺伝資源の探索・収集、管理・保全、開発・利用および国際交流・協力の4点について改善点を提言する。

- ① 探索・収集に関しては、単発で一方的な共同調査によるのではなく、CBDならびに食料農業遺伝資源条約 (ITPGR) の規定に沿って、作物遺伝資源の探索・収集から利活用、さらに利益配分を含め、相互互惠の継続的共同研究として取り組み、現地調査などは、国際研究機関とも協力して共同調査を進める方向を模索する必要がある。
- ② 管理・保全に関しては、原則として重複保存することとし、種子保存の場合、配布用、再増殖用および永久貯蔵用の3段階で保存するシステムを構築する。なお、永久貯蔵用種子は、液体窒素を用いた超低温保存を併用するのが効果的と考えら

れる。また、栄養繁殖性作物では、圃場保存の効率化を図るために、低樹高仕立てなどの矮小化技術を活用することが望まれる。さらに、圃場における二重保存が困難な場合には、冬芽や茎頂などを用いた超低温保存を積極的に活用することにより、栄養繁殖性作物をより安全に保存ことが可能になると考えられる。

- ③ 特性評価については、特性情報データベースの一層の拡充をはかることはもちろん、DNA多型情報などの新たな特性情報を取り込む改善が必要になると考えられる。そのために公募などにより、広く研究者のアイデアを募り、特性情報を充実させることがとくに重要と考えられる。さらに、作物遺伝資源特性情報を一層利用しやすくするためのデータベースの再構築が急務と考えられる。
- ④ 作物遺伝資源の利活用の促進に関連して、NIASGBの構成員以外の公立あるいは民間の試験研究機関が保存している作物遺伝資源に関する所在情報を整理することが重要になると考えられる。なお、ITPGRへの加入に向けて、国内法の整備や保存・配布システムの改善も必要性になる。
- ⑤ 国際的な交流と協力に関連して、NIASGBが国内外の多様なパートナーとのネットワーク拠点としての役割を果たすとともに、遺伝資源の一層安全・安定な保全を目指して、地球規模で進行しているスバールバル計画への参加を含めた積極的支援が国際協調による遺伝資源の安全保障の観点から重要になると考えられる。作物遺伝資源の保有国と利用国とが対等な立場に立ち、遺伝資源の保全と持続的開発利用のための共同研究を組むなかで、CBDやITPGRのルールに沿った作物遺伝資源の交流・移転を促進する必要がある。

とくに、今回筆者が重点的に進めた作物遺伝資源の保存技術の改良に関連しては、次のようなジーンバンクの運営改善を試みた。まず、貯蔵種子の更新に伴う人為的ミスを最小限にするために、増殖種子の受け入れから入庫にいたる一連の作業工程を徹底分析した。その結果を踏まえ、「種子保存作業マニュアル」を策定し、人為的ミスの少ない効率的種子更新作業を可能とした（知花 2004）。

クワをはじめとし、リンゴやナシなどの栄養繁殖性作物の圃場における成木保存では、広大な圃場面積と多大の労力を要するうえに、品種当たりの保存本数も

制限される。そこで、圃場保存の効率を高めるために、矮化剤を用いた低樹高栽培、あるいは、強剪定を繰り返した低樹高仕立てなどにより、圃場面積当たり3～5倍の点数の遺伝資源を保存できることを明らかにした。リンゴやナシなど果樹遺伝資源の保存を分担する果樹研究所や種苗管理センターなどでは、多数の遺伝資源を圃場で保存する必要があることから、低樹高栽培や低樹高仕立てを有効に活用できると考えられる。

このようなジーンバンクの運営改善や遺伝資源の保存技術の改良と併せて、作物遺伝資源を保存している大学や種苗会社など機関を巻き込んだ産官学の連携・協力関係の確立を目指すことが喫緊の課題と考えられる。

農林水産省傘下にあった試験研究機関の独立行政法人化に伴って、ジーンバンク事業に必要な経費は、農業生物資源研究所の運営交付金として継続した予算措置がなされているものの、年度ごとに進行する予算漸減は深刻な問題となっている。ジーンバンク事業は、営利活動としても、また、研究活動としても成立しにくいいため、人類の共有財としての育種素材、あるいは、科学技術研究の知的基盤として、公的資金により持続させることが必要と考えられる。

3. 超低温保存技術のジーンバンク活動改善への活用

多くの種子繁殖性作物の遺伝資源は、乾燥低温条件で長期保存が容易であるが、栄養繁殖性ならびに難貯蔵性の熱帯果樹類などでは、乾燥低温条件での種子保存は困難である。そこで、圃場での効率的な成体保存や培養組織・器官のインビトロでの超低温保存の効果的活用などが重要となった（新野ら 2006）。

圃場保存では、不慮の自然災害や病害虫の発生などにより消滅する危険があるばかりでなく、維持・管理には多大な労力と経費を要する。また、組織培養による継代保存には、多くの労力を必要とするうえに、雑菌混入などの汚染による保存材料消滅の危険が少なくない（Engelmann 2000）。圃場保存やインビトロ保存の欠点を補完する方策の一つとして超低温保存の有効活用が考えられる。この方法に実現には、作物種に特有な技術的開発が必要である。そこで、いくつかの植物遺伝資源について超低温保存の技術改良と実用化を図るための研究を行った。

まず、作物の普通種子は、乾燥低温条件下でかなり長期間の保存が可能であるが、再増殖に伴う遺伝的変

化を少なくしたり、長期保存用のベースコレクションの安定的保存を考えたりすると、普通種子の超低温保存を検討する必要があった。そこで、イネ類、ムギ類、マメ類、雑穀類など236種の作物、402品種を供試して、農作物種子の超低温保存の可能性について検討した。その結果、特別な前処理を行わなくとも種子含水率を5~8%に低下させるだけで、液体窒素タンクの気相部を用いた超低温保存が可能であり、発芽率のモニタリングや再増殖の手間が大幅に削減できることがわかった。なお、アメリカ合衆国の国立遺伝資源保存センター (NCGRP) では、すでに種子をすべて超低温貯蔵で行っている (酒井 1986)。

NIASGBでは、約4万5千点の栄養繁殖性作物を保存している。パレイショやカンショなどのイモ類、リンゴやナシなどの果樹類、チャやクワなどの木本作物などがあり、原則として圃場で保存されている。このような栄養繁殖性作物の保存の効率化を図ることを目的として、イグサやイチゴの培養茎頂を対象にガラス化法、また、クワやカキでは冬芽を対象に予備凍結法による超低温保存の実用化の可能性について検討した。

その結果、イグサとイチゴの培養茎頂のガラス化法については、まず、凍結耐性を付与するためのハードニング (5℃で30日間培養) を行った後、2日間0.3M ショ糖を含む培地で前培養し、さらに、脱水耐性を付与するために、2M グリセロールと0.4M ショ糖の混合液に20分間浸漬する前処理を行った茎頂をPVS2液 (30%グリセロール, 15%エチレングリコール, 15%ジメチルスルフォキシド, 0.6 M ショ糖を含むMS溶液) で25℃, 30分間浸透脱水を行い、その後で液体窒素に直接浸漬した。イグサ42品種の培養茎頂を用いた実験では、凍結保存後にも30~90% (平均63%) の生存率を示し、ガラス化法による超低温保存が可能であることが分かった。イチゴでも8品種を供試して、ガラス化法による超低温保存を試みたが、生存率が高いことが明らかになった。イグサやイチゴでは、超低温保存後の茎頂の再生率に、大きな品種間差異が認められなかった。これらのことから、大多数の品種や系統について、同様な方法で超低温保存が可能であると考えられる。

クワの冬芽については、超低温保存の実用化について検討するとともに、超低温保存後の再生植物に遺伝的変異が発生するか否かを検討した。さらに、カキへの適用の可能性も検討した。

クワの冬芽については、次のような手順で超低温保

存が可能である。まず、厳寒期に切り取った枝条から木質部分を着けた冬芽を2cmほどの切片として切り取り、室温で風乾した後、クライオチューブまたはビニール袋に約20芽ずつ入れ、0℃で1昼夜維持した。翌日から-5℃, -10℃, -20℃, -30℃などに設定した冷凍庫に順次移して予備凍結を行った。その後、冬芽を液体窒素タンクの気相部分や-135℃のディープフリーザーに保存した。

1~8年間保存したクワ品種「剣持」の冬芽の再生率に大きな変化がなく、ほぼ75%の冬芽を再生することができた。また、保存温度に関しては、-40℃あるいは-70℃などの比較的高い温度で保存すると、茎頂が凍結して再生が困難となったが、-135℃のディープフリーザーや-196℃の液体窒素中では70%以上の高率で再生することができた。さらに、-135℃のフリーザーに5年間保存したクワ376品種の冬芽からの再生率は、279品種 (全体の74%) が50%以上であった。これらのことから、冬芽の超低温保存により、多くのクワ遺伝資源の長期保存が可能になると考えられる。超低温保存後に再生したクワを圃場に栽培し調査した結果、再生した植物体には、形態的特性などにとくに目立った変化は見られず、遺伝的変異が生じている可能性は小さいと考えられる。

クワ冬芽やイグサの培養茎頂などを利用した *in vitro* 超低温保存は、栄養繁殖性作物の効率的な長期保存技術として、ジーンバンクの運営の改善に役立つと考えられる。

今後のジーンバンク事業では、栄養繁殖性植物や難貯蔵性種子作物、あるいは、培養器官・組織・細胞などの超低温保存をジーンバンクシステムに組込んで、作物遺伝資源の保全の一層の効率化を図る必要がある。そのためには、植物種ごとに適正な繁殖体 (種子、培養組織・器官など) を選定して、それぞれの繁殖体に合う保存技術の開発を行う必要がある。同時に、個別の保存技術の改良に留まらず、ジーンバンクシステムの管理・運営に超低温保存をどう活かすかを十分に検討する必要がある。

4. 生物資源をめぐる権利意識の変化への対応策

生物多様性条約 (CBD) 以前においては、「遺伝資源は人類の共通の財産」とする「FAO申し合わせ」(IUPGR) の理念に基づき、作物遺伝資源の探索、収集、移転、導入 (アクセス) が自由に行われていた。1989

年のFAO総会では、このIUPGRが植物の新品種に関する国際条約（UPOV条約）で保護される「育種家の権利（Breeder's right）」を侵害しないことを議決するとともに、「農民の権利（Farmer's right）」の概念も容認した（FAO 1989）。

先進諸国の民間企業や試験研究機関は、遺伝資源を用いて育成した新品種に対して育成者権を一方的に主張した。これに対して、遺伝資源を保有する開発途上国は、「農民や地域社会が伝統的に担ってきた品種の維持と継続的改良の役割」を認めるよう主張し、さらに、「地方品種は農民による継続的栽培と改良により作り出された遺伝資源」であるとし、育成者権と同等の権利を農民に与えるよう強く主張した。最終的には、「農民の権利」を認める決議がなされた。このため、先進国は、IUPGRにおける「遺伝資源は人類の共有財」とする考えが拡大解釈されて新品種の育成者権を侵害しかねないと判断し、IUPGRの採択を留保した。

このように遺伝資源を利用する先進国側に有利な考え方が遺伝資源を保有する開発途上国や新興国側の不満を高め、資源ナショナリズムの高揚に繋がったと考えられる。すなわち、経済発展が遅れているが遺伝資源を保有している開発途上国では、遺伝資源を開発利用して経済発展してきた先進諸国に対する不満と反発が高まった（Mooney 1979）。さらに、途上国側の資金や技術の不足のため、自ら保有する遺伝資源を活かした経済発展がままならず、南北間の経済格差の縮小に結びついていないことが一層の資源ナショナリズムの高揚を招いていると考えられる。

その結果、遺伝資源を保有する途上国側では、国内法を整備して、遺伝資源の国外への持ち出しを制限するとともに、そのアクセスは、「生物多様性条約」（CBD）や「食糧農業植物遺伝資源条約」（ITPGR）を遵守する条件の下で可能となった。このことは、遺伝資源の利用者側にとっても、貴重な遺伝資源の持続的な利用を促すうえで、きわめて重要な契機となったと考えられる。

CBDが発効した1993年以前においては、作物遺伝資源の探索・収集者は、遺伝資源保有国の関係者の了解（個人レベル）、あるいは、研究機関（研究所レベル）の合意があれば、探索・収集が実施可能であった。ところが、CBDの発効以降は、遺伝資源にアクセスする場合、必ず、(1)当事国間で、(2)事前に合意して、(3)

相互に同意できる条件の下で行う必要があり、個人や機関レベルの了解あるいは合意のみでは探索・収集が実施できなくなり、当事国間（権限をもつ国内当局間）の合意が必要となった（高倉 2002）。現在、NIASGBでは、CBDのアクセスの原則にしたがい、相手国と合意書（Memorandum of Agreement, MOA）を締結して、作物遺伝資源の探索・収集活動を実施するとともに、収集遺伝資源の評価や育種素材としての活用に至る広範にわたる協力関係を構築するための合意形成に努めることとしている。

主要農作物の遺伝資源は、それらの栽培過程で世界各地に伝播し、それぞれの国や地域で長い間栽培が続けられ、さまざまな栽培環境に適応して、多様な地方品種が分化してきた。このため、多くの作物の地方品種の厳密な原産地の特定は困難である。したがって、主要農作物の遺伝資源に関するかぎり、当事国間だけでアクセスを規定するよりは、一般の生物資源を対象とするCBDとは別の扱いをするのが望ましいという議論が提出された。従来の作物品種開発は、国際的な互惠関係のなかで、自由な遺伝資源交流の下で進められてきた。このため、IUPGRとCBDの間の齟齬を解消するため、国際交渉が10年近くにわたって継続され、「食料農業植物遺伝資源条約」（ITPGR）の成立に至った。

ITPGRの趣旨は、「持続可能な農業と食料の安全保障のために、CBDと調和した食料農業植物遺伝資源の保全と持続的利用、ならびに、その利用から生ずる利益の公正配分」にある。ITPGRの成立によって、作物遺伝資源に関する国際問題がすべて解決したわけではない。

ITPGRで規定する作物リストから、いくつかの主要作物種が交渉過程において、原産国などの強い反対により除外された。また、この条約の対象となるのは、収集済みの生息域外保存の遺伝資源に限定される。このため、リストから除外された作物種や新たな農作物遺伝資源を原産国などから探索・導入するためには、一般の生物資源と同様にCBDのルールに従って材料移転契約（MTA）を締結し、それに従って作物遺伝資源の移転が行われることとなる（大川 2002）。当事国間のMOAやMTAの締結には、長時間を要する場合が多い。育種素材として必要な遺伝資源をタイムリーに移転・導入できるようにするには、作物リストの一層の拡充が是非必要になると考えられる。

5. 作物遺伝資源の保全と利用をめぐる南北対立の緩和対策

CBDの発効により作物遺伝資源には「原産国の主権的権利」が認められ、本条約発効後に原産国から入手した遺伝資源に関しては、その利用により得られる成果から生ずる利益は、原産国との契約に基づき公正に配分されなければならない。また、ITPGRの作物リストにあげられている作物の遺伝資源についても、その活用により生ずる利益の一部はFAOの信託勘定に還元される。なお、国際法は遡って適用されないことから、CBDの発効以前に収集・保存されている作物遺伝資源に関しては、CBDは適用されない。このため、CBD成立以前に無条件で取得した遺伝資源については、無制限な利用が可能であると解釈される。

農業生物資源ジーンバンクにおいては、CBD以前に導入された外国原産の遺伝資源は、原則として無制限に配布している。CBD以降に導入された遺伝資源のうち、MTAの締結により導入された遺伝資源は、その規定の範囲内で配布している。しかし、MTAの締結が未確認の場合やMTAに第三者への配布規定がない場合には、ジーンバンクからの配布は避けて、原産国に直接アクセスすることを推奨している。

作物の地方品種などに対する「農民の権利」は、CBDやITPGRにおいて概念規定はされているものの、国内法などにおいて、農民の権利に関する規定を設けている例はない。作物の地方品種を活用して得られる利益の配分に関しては、既存の国際条約の既定を準用するのが望ましいと考えられる。

作物遺伝資源を活用して新たに育成される作物品種に関しては、わが国では種苗法により育成者権が保護されている。国際的には「UPOV条約」により多くの作物やキノコなどに係る育成者の権利が保護されている。UPOV加盟国の間では、それぞれの国で育成された品種の権利を相互に認め合い、違反した場合には、権利侵害として訴訟することができ損害賠償も請求できる。しかし、UPOV条約の適用範囲は、互惠関係の成立する加盟国の間に限られ、非加盟国による権利侵害については対処方策が乏しい。たとえば、わが国で育成・登録された作物品種が不当に海外へ持ち出され、非加盟国で増殖され生産された農産物が逆輸入されるケースが跡を絶たない。その対応策の一つとして、DNA鑑定などにより輸入農産物の生産原料となった品種を同定して、水際で法令に違反した農産物

の輸入を差し止める関税法の改正も行われている。

現在までのところ、わが国は、ITPGR批准や明確な加入の意思表示を行っていない。その理由は、条約採択時に、条約を通じて入手した遺伝資源を用いた研究成果としての遺伝子特許の取得が制限される懸念があることから、米国とともに棄権をした経緯があり、また、その後の会合においてもこの点が明確にされていないためである。

わが国としては、食料農業植物遺伝資源の導入・利用のみならず、それらの提供を行うにあたり、CBDやITPGRに既定されている「主権的権利」を遺伝資源原産国がいかに行使するかを十分に見据えたうえで、多くの作物遺伝資源を海外に依存せざるを得ない国として、国際条約への加入を前提とした慎重な検討を行う時期にきていると考えられる。

作物遺伝資源に恵まれない先進国の一員として、国際協調の下で、世界に分布する貴重な遺伝資源を有効活用し、先進的技術を活かして可及的に多くの利益を生み出し、それを公正に配分するシステムの構築に努める必要がある。

さらに、イネやコムギなどの主食作物遺伝資源への円滑なアクセスを確保し、さらにその利用の促進を奨励するためには、本条約が農業上きわめて重要であり遺伝資源の利用から生じる利益の公正な配分を行うための多国間システム（MLS）の遵守が当然と考えられる。

作物の地方品種などのゲノムには、数億年にわたる自然選択と数万年の人為選抜の所産としての環境適応上有利な遺伝子や農業的に有用な遺伝子が多数集積されていると考えられる。しかるに、これらの有利・有用な遺伝子あるいはその組み合わせとしての遺伝子型は、確率論的にはきわめて希有な存在であり、技術的には再合成が不可能な塩基配列あるいは遺伝子の組み合わせとみることができる。したがって、遺伝的浸食により一度失われると再現は見込めない。

こうした観点からすると、法制上、作物遺伝資源の原産国の主権的権利が認められたのは、原産国に作物遺伝資源の保全と利用の権利をむやみに独占させるためではなく、むしろ、貴重な遺伝資源を人類の共有財として安定的に保全し、その利用を促進するための国際的枠組みが構築されたと考えるべきである。

ところで、CBDで目的とする生物多様性の保全とITPGRで目的とする作物遺伝資源の保全との間には、基本的な差異がある。前者に関しては、地球環境の一

環としての生物多様性の保全であり、生物多様性自体の保全が最大の目標であると考えられる。他方、後者に関しては、作物遺伝資源の多様性の保全に第一義的意義があるのではなく、遺伝資源の利活用を前提にした保全に重要な意味があると考えられる。したがって、作物遺伝資源の主権的権利の独占に終始して、その利活用を考えない保全はナンセンスともいえる。

たとえば、わが国のもちコムギの開発では、MAFFGBに保存されていた2,000以上の世界のコムギ品種を検索し、唯一、中国のコムギ地方品種「白火」だけがDゲノム上にもち遺伝子を持つことが分かり、AおよびBゲノム上にもち遺伝子をもつ日本コムギ系統との交配により、世界で最初のもちコムギの開発に成功した(Nakamura *et al.* 1993)。もちコムギの開発に役立った中国の地方品種「白火」は、幸運にもMAFFGBに保存されていた。しかし、もし、Dゲノムにもち遺伝子をもつ「白火」がジーンバンクに保存されていなければ、もちコムギの開発はあり得なかった。また、もし、「白火」が中国に残存していたとしても、それを発掘するすべはなかったと考えられる。さらに、もし、「白火」が日本のコレクションではなく、原産国の中国で保存されていたとすれば、日中共同研究などにより、もちコムギを開発することができたと考えられる。作物遺伝資源は、まず保全されなければならない。されど、保全されていても活用されなければ意味がないと言えよう。

作物遺伝資源をめぐる情勢はめまぐるしく変化しているが、新しい国際条約の枠組みの中で、人類の共有財としての遺伝資源を効果的に保全し、食料不足やエネルギー資源の枯渇などの地球規模問題の解決に向け国際的な強調と協力を図ることがきわめて重要になっていると考えられる。具体的には、遺伝資源の保全と持続的利活用を図るための国際研究体制を構築するとともに、研究成果に伴う利益の配分については、フェアトレードを原則とし、作物遺伝資源の保全に役立っていることはもちろんであるが、今なお開発途上国において維持されている貴重な遺伝資源の保全と持続的開発に活用することが重要であると考えられる。そのために、先進国と開発途上国があらゆる段階で協力・協調をはかり、作物遺伝資源に対する独占意識ではなく共有意識を育むことが南北対立の融和に資するものと考えられる。

本論文では、国内外の遺伝資源活動の発展過程を分析して、いくつかの問題点を指摘し、その対応策を提

案した。本研究の成果が人類の生存にとって不可欠な作物遺伝資源の保全と持続的開発・利用とともに、今後のジーンバンクのあり方を考える上で有用な情報となることを期待する。

謝 辞

本論文の作成に当たり終始懇篤なるご教示を賜るとともに御査閲の労を賜りました東京農薬大学国際農業食料情報学部教授藤巻 宏博士、同学部教授板垣啓四郎博士、東京農薬大学客員教授菊池文雄博士ならびに独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所企画管理室長長峰 司博士に対し、深甚なる感謝の意を表します。

本研究の遂行に当たり終始懇切なるご指導を賜るとともに、本論文の作成に当たり多大なるご教示を賜った独立行政法人農業生物資源研究所広報室長新野孝男博士ならびに同研究所ジーンバンク長河瀬眞琴博士に対し、心より厚く御礼申し上げます。また、本論文のとりまとめに際して終始暖かい御激励を賜った独立行政法人農業生物資源同研究所理事新保 博博士ならびに同研究所統括研究主幹大川安信博士に対し、深甚なる感謝の意を表します。

さらに、本論文の作成に当たり、その端緒となる多くの御助言・御指導をいただき、さらに御激励を賜った元農業生物資源研究所長中川原捷洋博士、元農業生物資源研究所ジーンバンク長宮崎尚時博士ならびに農林水産省入省時から今日まで、種々御指導を賜った元農業生物資源研究所化学耐性研究室長高岸秀次郎氏に対し、謹んで感謝の意を表します。

なお、本研究の遂行に当たり多くの方々からご協力と御激励をいただきました。元農業生物資源研究所遺伝資源第2部植物栄養体保存研究チーム主任研究官佐藤喜美雄氏、元同新生物資源創出研究グループ長 岡成美博士ならびに農業生物資源ジーンバンクの多くのの方々に心より感謝いたします。

要 約

21世紀における食料不足、環境劣化、エネルギー資源枯渇などの地球規模問題の解決には、先端的科学技術を駆使して高水準の収量、品質、各種のストレス耐性を備えた画期的な作物品種の開発が必要である。それには、バイオテクノロジーなどの革新的新技術とと

もに、育種素材となる優良な遺伝資源が不可欠である。然るに、近代的な育種技術により開発された性能のすぐれた改良品種の普及に伴い、伝統的に地域で栽培されてきた地方品種が消滅の危機に瀕し、いわゆる遺伝的浸食が急速に進行している。

作物の地方品種のゲノムには、自然進化の歴史と人為的改良の成果が刻まれており、一度失われると再現できない。そこで、掛け替えのない貴重な遺伝資源として作物の地方品種や近縁野生種を保全することが急務となり、国内外で遺伝資源保全の一環として、ジーンバンクの活動が盛に行われるようになってきた。

筆者は、長年にわたり作物遺伝資源保全技術の改良ならびに農業生物資源ジーンバンクの管理・運営に深く関与するとともに、それらに関連する国際的協力活動にも積極的に参画してきた。そこで、本論文では、作物遺伝資源の保全に関わる長い経験を活かした独自の見地と立場から作物遺伝資源の保全技術の改良とともに、その持続的開発に必要な技術的ならびに法制的問題を体系的に整理・分析し、今後解決を要する課題について論考した。

第1章 生物資源をめぐる史的考察

近世ヨーロッパにおける大航海時代には、アメリカ新大陸や喜望峯航路の発見を契機として植民地獲得競争が激しさを増した。この頃に活躍したプラントハンターたちは、珍しい種類の作物や新資源植物を新天地に求めた。その結果、サトウキビ、チャ、コーヒー、コショウ、トウガラシ、トウモロコシ、ジャガイモ、サツマイモ、トマトなど多くの新作物がヨーロッパにもたらされた。

20世紀の幕開けとともに再発見されたメンデルの法則は、近代科学としての遺伝学を発展させ、近代的な作物育種の科学的基盤を築いた。人工交配による科学育種には、その素材となる遺伝資源が不可欠となった。こうして、新しい作物となる植物資源を求めるプラントハンターの時代から、育種素材としての遺伝資源を求めるジーンハンターの時代へと変遷してきた。新しい時代のジーンハンターたちは、新種植物ではなく、作物品種の多様性を求めて新旧世界を探索した。

その成果の一つとして誕生したヴァヴィロフの多様性中心説では、作物の地方品種がたくさん分布する多様性中心地域は、その作物の起源中心である可能性が高いとした。彼は、世界の8つの多様性中心地域を明

らかにし、それぞれの地域に起源すると見られる作物をリストアップした。このヴァヴィロフの学説は、作物遺伝資源の探索収集・保全の上でもきわめて重要な知見となった。

ハーランは、作物の品種改良（育種）の遺伝子給源としての遺伝資源の利活用の観点から、遺伝子プール説を提唱した。この学説では、改良対象とする作物を中心におき、同心円状に3種類の遺伝子プールを位置づけている。最も内側の同心円を第一次遺伝子プールとし作物品種や祖先種を入れ、これらのメンバー間では人工交配によりほぼ自由に遺伝子の交換や移行が可能である。通常の作物育種における遺伝資源の活用は、この範囲に留まる。その外側の同心円を第二次遺伝子プールとし、近縁野生種などを含めた。このプールのメンバーから作物ゲノムへの遺伝子の移行は、やや困難を伴い戻し交雑などによる特別の育種法が必要になる。たとえば、近縁野生種などから病虫害抵抗性遺伝子を導入した育種事例は少なくない。アジアイネに対するアフリカイネのように交配ができて胚が順調に育たない場合には、組織培養による胚救済などが行われた。第三次遺伝子プールには、遠縁野生種や異種属植物が入り、作物への遺伝子の移行がきわめて困難となる。

ところで、今日では、組換えDNA技術により全生物種の遺伝子を作物ゲノムに組み込むことができるようになった。そこで本論文では、ハーランの第三次遺伝子プールの外側に第四次遺伝子プールを想定し、地球生態系のすべての生物種を含めることを提起した。

歴史的には画期的な作物育種には、適切な育種技術とともに育種素材となる遺伝資源が不可欠であった。たとえば、コムギおよびイネの緑の革命には、草型の改良のための半矮性遺伝子をもつ日本の地方品種「白達磨」を親とする改良品種「小麦農林10号」と台湾の地方品種「低脚烏尖」が必要であった。また、わが国の育種研究者が世界に先駆けて作出したもちコムギの開発には、中国の地方品種「白火」の存在を忘れることはできない。そのほか、画期的な作物育種に遺伝資源が決定的な役割を演じた事例は枚挙にいとまがない。

分子生物学とバイオテクノロジーの発展に伴い遺伝子の単離・クローニングや組換えDNA技術によりすべての生物種の遺伝子を作物ゲノムに組み込むことができるようになった。しかし、新たな機能を発現する遺伝子を創出したり、有用な遺伝子型を新たに合成したりすることはできない。したがって、数億年におよ

ぶ植物進化と数万年にわたる人為的改良の所産である作物の地方品種や近縁野生種などは、今後とも掛け替えのない遺伝資源となる。

第2章 農業生物資源ジーンバンクの発展と展望

わが国における作物遺伝資源の探索・収集・保存は、20世紀初頭に組織的科学育種の開始とともに、育種素材の確保の観点から開始された。当初の育種センターごとの作物別品種保存の段階から、組織横断的種子保存システムとしてのシードバンク（種子銀行）へと移行した。さらに、種子、栄養体、培養組織、遺伝子などの遺伝情報を組織的に管理保全するジーンバンク（遺伝子銀行）へと発展した。今やDNA配列情報を含めた遺伝情報を扱う「遺伝情報銀行」と呼ぶにふさわしい段階に達していると考えられる。

現行の農業生物資源ジーンバンク事業では、あらゆる段階の遺伝情報を組織横断的に一元的管理している。本事業は、農業生物資源研究所をセンターバンクとし、農業・食品産業技術総合研究機構傘下の研究機関、農業環境技術研究所、国際農林水産業研究センター、種苗管理センター、家畜改良センターなどをサブバンクとした多機関のネットワークによる組織横断的活動である。作物別に専門的知識を有する責任者を中心に、育種戦略を勘案した探索・収集計画の策定、遺伝資源保全、特性評価、遺伝資源の増殖と配布を分担・協力するシステムである。

農業生物資源ジーンバンク事業において、従来は作物の地方品種や改良品種の収集と保全により遺伝資源の拡充に努めてきたが、今後は、農業研究のための知的基盤として、実験材料などを含め多様な遺伝資源を収集・保存するとともに、一層効率的に提供できるシステムを構築する必要がある。さらに、ジーンバンク活動を軸にして国内外の研究者や育種家が協力して、遺伝資源の保全と持続的開発への取り組みを一層強化していくことが重要になると考えられる。

農業生物資源ジーンバンクの活動と運営に関する改善点を整理すると次のようになる。

- 1) 「探索・収集」では、一方的な探索・収集ではなく、遺伝資源の提供側と利用側との共同研究などにより、収集から評価・利用まで一貫した取り組み
- 2) 「保存と維持」では、遺伝資源の消失の危険を回避するための二重保存や永久凍土を活用したスバルバル計画への参加ならびに超低温保存の有

効活用

- 3) 「特性評価と利用」に関しては、新規特性のデータベース化、コアコレクションの選定、利用者への配布価格の低減
- 4) 「国際交流と協力」では、一方通行の技術移転ではなく、相互互惠関係が構築されるような共同研究のあり方、国際ルールの遵守など

本論分では、これらの事項について論考し、いくつかの提案を行った。

第3章 作物遺伝資源の管理・保全技術の改良

植物遺伝資源の管理・保全の方法は、植物の繁殖様式や保存対象となる器官・組織の種類により異なる。たとえば、有性繁殖植物は種子で保存される場合が多く、低温・乾燥条件で長く保存できる。しかし、栄養繁殖植物の保存は、成体、塊茎根、培養体など多様であるばかりでなく、植物の種類や部位により保存の条件や方法が異なる。

農業生物資源ジーンバンクでは、種子繁殖性作物の遺伝資源は、センターバンク（農業生物資源研究所）の種子保存庫に種子として一括保存されている。しかし、栄養繁殖性作物の遺伝資源は、サブバンク（専門研究所や地域農業研究センター）で分担して成体を圃場で栽培したり、塊茎根などの栄養体を植物種や栄養体の種類に応じて適切に管理された温湿度の下で保存したりしている。

本章では、農業生物資源ジーンバンクにおける植物遺伝資源の管理・保全の経緯を明らかにするとともに、現状を分析し問題点を明らかにした。また、種子ならびに栄養体の保存技術に改良を加えた。

まず、液体窒素を利用した種子の長期保存については、普通種子の場合、特別な前処理を行わなくとも種子含水率を5～8%に低下させるだけで、液体窒素タンクの気相部を用いた超低温保存が可能であることが明らかにした。とくに、ナタネなどの子葉種子作物では、対照区に比べて超低温保存区で発芽揃いがよく、全種子の発芽までに要する期間が短縮される傾向が見られた。これは超低温処理による刺激で発芽が揃ったものと考えられる。

次に、果樹類などの栄養繁殖性作物の成体圃場保存を効率的に行うために、リングを対象に圃場保存法の改良を行った。その結果、矮化剤の散布や強剪定による低樹高栽培を行うと、面積当たり3～5倍の数の遺伝

資源を保存することができるばかりでなく、遺伝資源の保存と増殖に必要な十分な穂木を確保できることを明らかにできた。

さらに、人工培養した茎頂の細胞内凍結を避けるガラス化法を適用することにより、イグサ遺伝資源の超低温保存が可能であることを明らかにした。超低温保存後の茎頂の再生率には、品種・系統間に大きな差異は認められず、いずれの品種や系統でも同様な方法で超低温保存が可能であることが分かった。

以上の結果から、配布用遺伝資源の中期保存においては、種子は乾燥低温保存、また、栄養体は圃場保存と培養保存との併用により、安定的に安全に保全できると考えられる。これらの保存方法に加え、長期保存用には、液体窒素を用いた超低温保存を並行的に実施するのが適切と考えられる。この保存方式をさらに多くの植物種や品種に適用できるようにするために、保存後の発芽率や植物体再生率の向上、人工培養に伴う変異の抑制などの取り組みが重要になると考えられる。

第4章 栄養繁殖性作物の超低温保存技術の開発

農業生物資源ジーンバンクに保存されている栄養繁殖性作物の中には、リンゴやナシなどの果樹類のほか、チャやクワなどの落葉性木本作物がある。これらの遺伝資源は、消失を避けるために、原則として異なる保存地で重複保存されている。しかしながら成体保存だけでは、自然災害などによる消滅の可能性は避けられない。そこで、人工培養による試験管内保存を考える必要がある。

本章では、ジーンバンク事業の一環として、まず、クワの冬芽の超低温保存技術の実用化をねらいとして研究を行い、とくに、超低温保存後の再生植物における遺伝的変異発生の有無を重点的に調べた。さらに、カキなどの他の落葉性木本作物への超低温保存の応用の可能性を検討した。

クワ遺伝資源に関しては、 -135°C のディープフリーザーに5年間保存した376品種のうち、279品種(74%)が50%以上の生存率を示した。また、8年間にわたり生存率の経時的変化を調査した結果、調査期間内における生存率の顕著な変化は認められなかった。したがって、クワ冬芽の超低温保存は、実用的にも充分利用可能であると判断される。そこで、実際のジーンバンク事業の一環として、1,474点のクワ遺伝資源の品種・系統の超低温保存を平成15年から開始するととも

に、具体的な保存手順をマニュアル化した。

ところで、超低温保存後の再生植物に遺伝的変異が頻発すると、安定的な保存が不可能となる。このため、超低温保存したクワの冬芽の再生個体を圃場で栽培し、表現形質に変異が発生するか否かを確かめた。その結果、再生植物の生育初期には対照区(超低温保存しない区)との間に多少の表現形質の差異が認められたが、生育が進むに伴って差異は消失した。また、葉身のアイソザイム分析やタンパク質の電気泳動分析でも、とくに差異は認められなかった。

以上の結果から、超低温保存後の再生植物にみられた表現形質の変化は、低温保存の直接的影響によるものとみられ、超低温保存により遺伝的変異は発生しないと考えられる。

クワ冬芽の超低温保存の方法をカキの冬芽に適用してみた結果、植物体の再生率やシュート形成率は低かった。しかし、前処理による耐凍性の付与や再生培地の検討を行うことにより安定した超低温保存を可能にすることができた。クワやカキなどの落葉性木本植物の遺伝資源の保存に冬芽の超低温保存法を活かすことができると考えられる。

第5章 遺伝資源の保全と権利をめぐる情勢変化と意識変革

1993年の生物多様性条約(CBD)の発効によって、植物遺伝資源を含む生物資源に対する権利意識は大きく変化した。CBD以前には、鉱石や原油などの自然資源とは異なり、FAOの申し合わせ(IUPGR)に基づき生物資源は、人類の共有財とみなされ、その保有国は主権的権利を主張することなく、いずれの作物遺伝資源に対しても誰でもが自由にアクセスすることができた。ところがCBDの発効により、遺伝資源原産国の「主権的権利」とともに作物の地方品種を育んできた「農民の権利」も認める動きが活発になった。

そこで大きな問題となったのは、収集・保存されている遺伝資源の権利の帰属である。アメリカ合衆国、ロシア、国際農業研究センターなどをはじめ、各国が収集保全している作物遺伝資源の取り扱いをめぐるIUPGRとCBDの間の齟齬を調和させるために7年にわたる国際交渉が続けられた。その結果、2001年に農業食料植物遺伝資源条約(ITPGR)が締結された。この条約では、アクセスの対象となる35の主要作物と29属の牧草種など、クロップリストに掲載された作物

の既存の収集遺伝資源については、国際的な統一ルールに従って交換することができると規定した。

食料不足、環境劣化、エネルギー資源枯渇などの地球規模問題の解決には、生物資源の保全とともに持続的開発が不可欠であり、生物資源の保有国と利用国との間の緊密な連携と協力が必要である。とくに、作物遺伝資源に関しては、保全もさることながら持続的に開発・利用してこそ、遺伝資源の価値が活かされるのであり、保有国の利権を重視するあまり、開発と利用が疎かになることを極力避けなければならない。したがって、豊かな作物遺伝資源を保有する国々は、一定の条件を付してアクセスできるように努める一方で、その利用の恩恵にあずかる国々は、遺伝資源の活用により得られる利益を公正に配分して、フェアトレードをめざすことが必要であると考えられる。

このようなフェアトレードに対応するには、わが国として新品種の権利保護のための種苗法や品種登録制度、また、新たな病害虫の侵入を防止するための植物防疫法の改善をはかる取り組みが必要と考えられる。さらに、遺伝資源を利用した研究成果に対する知的財産権を主張するためには、遺伝資源の来歴や原産国などについての正確な情報の収集蓄積が重要な課題となる。

作物遺伝資源の開発と利用に伴う利益配分に関連して、遺伝資源の保全に必要な資金援助をはじめ、探索・収集・管理・保全・開発など遺伝資源の保全と持続的開発のあらゆる段階で協力し、遺伝資源に対する独占意識ではなく、むしろ共有意識を高めることがとくに肝要と考えられる。

第6章 総合考察

自然進化と人為改良の所産としての農作物品種のゲノムには、環境適応や農業的利活用上有利な遺伝子が集積されている。近年における分子生物学やバイオテクノロジーの進歩は、育種素材としての作物遺伝資源の範囲を全生物種にまで拡大した。しかし、新たな機能をもつ遺伝子を創出したり、有用な遺伝子型を組み立てたりすることはできない。したがって、幾多の有用遺伝子を蓄積した作物の地方品種や近縁野生種は、掛け替えのない貴重な遺伝資源である。

遺伝資源の範囲が地球生態系の全生物種に及ぶに至り、遺伝資源の概念は大きく変遷した。遺伝資源の利用範囲の拡大とともに、保全対象も植物集団レベルか

ら分子レベルに、また、遺伝物質から遺伝情報へ、さらに、遺伝資源保全の方法も乾燥種子の低温保存から培養組織の超低温保存、遺伝子や塩基配列情報の保存へと変化してきた。そこで、遺伝資源保全の安全性を担保するためには、液体窒素による超低温保存や北極圏の永久凍土を活用し、国内外の重複保存による新たな国際遺伝資源保全システムの構築が急務と考えられる。

ところで、作物遺伝資源を含む生物資源に対する権利意識は、生物多様性条約の発効に伴いにわかに高まった。その結果、生物資源が豊かな熱帯地域の発展途上国側では、生物資源に対する主権的権利が認められるとともに、作物の地方品種などに対する農民の権利が主張されるようになった。他方、生物資源の開発利用技術を持つ先進国側では、作物の改良品種に対する育成者の権利や遺伝子特許が認められるようになり、作物遺伝資源をめぐる南北対立が顕在化した。

作物遺伝資源を巡る南北対立の緩和には、遺伝資源の保全はもとより、その持続的開発利用のための国際協力が不可欠と考えられる。たとえば、遺伝資源保有国と利用国とが共同し、また、国際機関の協力を得て、作物遺伝資源の探索・収集を実施して成果物を分かち合うとともに、利用国がもつ先進的な管理保全技術を保有国に移転し、遺伝資源の利用により発生する利益を分かち合うことが重要と考えられる。

たとえば、イネの多様性中心地域（雲南省）をもつ中国とイネ遺伝資源の探索収集・保全・利用に関して高い技術をもつ日本との間で長年にわたり実施された日中共同研究「遺伝資源利用による耐冷、耐病、多収、良質品種育成」は、両国とも大きな成果をあげることができた。また、日本の国際協力機構（JICA）がパキスタン、バングラデシュ、チリ、ミャンマーで実施したジーンバンク・プロジェクトは、相手国の国情により評価はさまざまであるが、これまでに支援を活かして、よりよい国際協力関係を築くことが今後の課題と考えられる。

近年における作物遺伝資源の保全と持続的開発利用を巡る技術の進歩と権利意識の変遷には、めまぐるしいものがある。本論文では、国内外の遺伝資源活動の発展過程を分析し、いくつかの問題点を指摘し、その対応策を提案した。本研究の成果が作物遺伝資源の保全と持続的開発・利用とともに、今後のジーンバンクのあり方を考える上で有用な情報となることを期待して止まない。

引用文献

- 愛知県農業総合試験場 (2008) 山間農業を支える水稻2品種「中部111号」と「中部糯114号」, 『研究短報』, 愛知県, 90: 2.
- Akihama T, M Omura, I Kozaki (1978) Further investigation of freeze dry for deciduous fruit tree pollen. In Long Term Preservation of Favourable GermPlasm in Arboreal Crops, ed. T. Akihama and N. Nakajima, pp. 1-7. Fruit Tree Research Station, M. A. F. Fujimoto, Japan.
- Cheyne VA, PJ Dale (1986) Shoot-tip culture in forage legumes. *Plant Sci. Lett.*, 19: 303-309.
- Ellis D (2006) United State Status Report Plant Genetic Resources Conservation and Utilization, Proceedings of the APEC Workshop on Effective Genebank Management in APEC Member Economies, p. 211-214.
- Engelmann F (1997) In vitro conservation methods. In: Ford-Lloyd BV, Newbury HJ, Callow JA (eds.) *Biotechnology and Plant Genetic Resources-Conservation and Use*. CABI, UK, pp 119-162.
- Engelmann F (2000) Importance of Cryopreservation for the Conservation of Plant Genetic Resources. In: Engelmann F and Takagi H (eds) *Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm: Current Research and Application*. IPGRI, Rome, Italy, pp 8-20.
- FAO (1983) International Undertaking on Plant Genetic Resources, Resolution 8/83, the 22th Session of the FAO Conference, Rome, Italy, FAO-UN.
- FAO (1989) Resolution 3 (5/89), the 25th Session of the FAO Conference, Rome Italy, FAO-UN.
- FAO (1995) The broadening of the mandate of the FAO Commission on Plant Genetic Resources to cover genetic Resources relevant to Food and Agriculture, Resolution 3 / 95, the 28th Session of the FAO Conference, Rome, Italy, FAO-UN.
- FAO (1996 a) Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, the 26th Session of the FAO Conference, Rome, Italy, FAO-UN.
- FAO (1996b) Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, International Technical Conference on Plant Genetic Resources, Leipzig, Germany, FAO-UN.
- FAO (1996 c) Seeds of Life, World Food Summit, Food for All, 2, FAO, Rome Italy, FAO-UN.
- FAO (2001) International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome, Italy, FAO-UN.
- FAO (2006) Report of the First Session of the Governing Body of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Madrid, Spain, FAO-UN.
- Forsline PL, LE Towill, W Waddell, C Stushnoff, WF Lamboy, JR McFerson (1998) Recovery and Longevity of Cryopreserved Dormant Apple Buds. *J. Am Soc Hort. Sci.* 123: 365-370.
- 福岡修一・T.D.Suu・N.T.Quynh (2000) ベトナム国における植物遺伝資源の生息域内保存研究, 『植物探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 16: 165-170.
- 藤巻宏 (2006) 生物資源開発が地球を救う, 高橋久光・夏秋啓子・牛久保明邦編著『熱帯農業と国際協力』, 筑波書房, pp90-102.
- Glowka L (1998) A Guide to Designing Legal Frameworks to Determine Access to Genetic Resources. IUCN Gland (Switzerland) and Cambridge (U. K.) .
- Harada T (1985) Studies on flower initiation and bud dormancy in annual growth cycle on Japanese persimmon, *Tech. Bull., Fac. Agric. Shizuoka Univ.* 9: 1-66.
- Harlan JR, MJ deWet (1971) Toward a Rational Classification of Cultivated Plants. *Taxon* 20: 509 - 17.
- Harrington JF (1970) *Resources in Plant*. pp 150 . Blackwell Scientific Publication.
- Hawkes JG (1970) Potatoes. In *genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation*. IBP Handbook, No. 11, pp.311-319, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Henshaw GG (1975) Technical Aspects of Tissue culture storage for Genetic Conservation. In *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*, ed. O. H. Frankel and J. G. Hawkes, International Biological Programme 2, pp. 349-357. Cambridge University Press.

- Hor Y - L, Y - J Kim, VR Rao (2004) Co-operative Plant Cryopreservation research in Malaysia with IPGRI and other agencies, *Proceedings of the First Workshop on cryopreservation of Bio-Genetic Resources*, Korea, p.99-113.
- 星野次汪・吉川亮・伊藤誠治・八田浩一・中村俊樹・山守誠 (2000a) 種苗登録品種第8361号, 品種名: はつもち (2000.10.4登録), 育成者権者: 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構.
- 星野次汪・吉川亮・伊藤誠治・八田浩一・中村俊樹・山守誠 (2000b) 品種登録番号第8362号, 品種名: もち乙女 (2000.10.4登録), 育成者権者: 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構.
- Howard BH (1975) Possible long-term cold storage of woody plant material. In *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*, ed. O. H. Frankel and J. G. Hawkes, *International Biological Programme 2*, pp. 359-367. Cambridge University Press.
- IBPGR (1985) Seed Storage, Procedures for Handling Seeds in Genebanks, p 76.
- IBPGR (1986) Germplasm Acquisition, *Annual Report 1986*: 9-26.
- IBPGR (1989) Plant Genetic Resources Conservation: *Recent Approaches*, p8-9.
- 池田良一 (2002) 世界のイネ品種開発, 『研究ジャーナル』, 農林水産技術情報協会, 25(6): 23-28.
- 池橋宏 (2000) 『イネに刻まれた人の歴史』, 学会出版センター, p1-119.
- IPGRI (1999) The strategy of the CGIAR System-wide Genetic Resources Programme, IPGRI.
- 伊勢一男・孫 有泉・劉 吉新 (1999) 中国雲南省における稲遺伝資源と水稻育種の日中共同研究, 『育種学研究』, 1: 9-13.
- 伊藤博 (1977) 種子保存技術の原則と実際 (1), 『系統生物』, 2 (3): 44-48.
- 伊藤博 (1980) 回顧 (遺伝資源保存事業に携わって), 『遺伝資源の探索・導入-経過とその成果-』, 農林水産技術情報協会, pp101-113.
- 磯崎博司 (1997) 地球環境に関する国際法制度, 第29回地球環境問題研究会, GISPRI ニュースレター, <http://www.gispri.or.jp/newsletter/1997/9708-2.html>, 地球産業文化研究所.
- ISTA (2001) International Roles for Seed Testing, International Seed Testing association, p1-400.
- 金田忠吉・池田良一 (1983) イネのトピイロウンカ抵抗性の育種, 『育種学最近の進歩』, 24: 19-69.
- 環境庁 (1995) 種の多様性, 『第1次生物多様性国家戦略』, 環境庁, p8-12.
- 環境省 (2007) 生物多様性の現状, 『第3次生物多様性国家戦略』, 環境省, p26-34.
- Kartha KK, F Engelmann (1994) Cryopreservation and germplasm storage. Pp. 195 - 230. In Vasil, I.K. and Thorpe, T.A. (Eds.) *Plant Cell and Tissue Culture*, Kluwer, Dordrecht.
- Keller ERJ, M Dreiling (2002) Potato cryopreservation in Germany - Using the droplet method for the establishment of a new large collection. In: *Proc. XXVI Int. Horti. Con.*, "Plant Genetic Resources, The Fabric of Horticulture's Future", *Tronto*, Canada.
- 菊池文雄 (1999) 植物遺伝資源の概説, 『熱帯の植物遺伝資源』, 熱帯農業シリーズ, 熱帯作物要覧No.29, 国際農林業協力協会, pp11-28.
- 菊池文雄・板倉登・池橋宏・横尾政雄・中根晃・丸山清明 (1985) 短稈・多収水稻品種の半矮性の関する遺伝子分析, 『農技研報告』, D36: 125-145.
- 喜多村啓介 (2006) 作物の成分育種の進展と今後の展望 (5), 『北農』, 73: 297-308.
- 香村敏郎 (1979) 水稻日本晴の育成, 『続・稲の品種改良』, 全国米穀配給協会編纂, 不二出版, pp129-243.
- 小林正 (2005) 種苗法の沿革と知的財産保護, 『レファレンス』, 2005.8: 17-45.
- 国際協力事業団 (1993) 『チリ植物遺伝資源計画終了時評価調査報告書』, 国際協力事業団, pp7-27.
- 国際協力事業団 (1993) 『スリランカ国植物遺伝資源センター計画終了時評価報告書』, 国際協力事業団, pp1-183.
- 国際協力事業団 (1997) 目で見えるプロジェクト, スリランカ植物遺伝資源センター計画 p1-35.
- 国際協力事業団 (1998) 『パキスタン・イスラム共和国植物遺伝資源保存研究所計画終了時評価報告書』, 国際協力事業団, pp7-28.
- 国際協力事業団 (2000) 『シリア・イラン植物遺伝資源収集・保存調査団報告書』, 国際協力事業団, pp1-27.
- 国際協力事業団 (2001) 『ミャンマー・シードバンク計画終了時評価報告書』, pp6-17.
- 小山徹夫 (1984) 王立キュー植物園, 『資源植物学-研究方法の手引き-』, 講談社, pp107-108.
- 小山朗夫・町井博明・山ノ内宏昭 (2003) 種苗登録品種第

- 12194号, 品種名: ポップベリー (2004.8.18登録) 育成者権者: 独立行政法人農業生物資源研究所.
- 小山朗夫・大山誠・島田利夫 (2004) 北海道奥尻島におけるクワの探索収集, 『植物探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 20: 45-51.
- 小山朗夫, Rashid Anwar, Shahid Nasim (2004) パキスタン国におけるクワ遺伝資源の共同調査収集, 『植物探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 20: 163-171.
- 小山朗夫, 井波勇二, 塚田亀雄 (2005) 北海道道央地域の高標高地におけるヤマグワの探索収集, 『植物探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 21: 51-57.
- Langis R, PL Steponkus (1990) : Cryopreservation of Rye Protoplasts by Vitrification., *Plant Physiology* 92: 666-671.
- 町井博明・小山朗夫・山ノ内宏昭 (1999) 蚕糸・昆虫農業技術研究所における桑遺伝資源保存品種・系統一覧, 『蚕糸昆虫研資料』, 蚕糸・昆虫農業技術研究所, 26: 1 - 77. (URL: <http://ss.nises.affrc.go.jp/pub/hmachii/mulberryindex.html>)
- 町井博明・片桐幸逸 (2002) 桑の品種と栽培, 日本蚕糸学会編『改訂蚕糸学入門』, 日本蚕糸学会, pp25-78.
- 町井博明・小山朗夫・山ノ内宏昭・片桐幸逸・長沼計作 (2003) 種苗登録品種第12242号, 品種名: ララベリー (2003.3.26登録) 育成者権者: 独立行政法人農業生物資源研究所.
- Maw JB, T May, W Twat, K Aye, LN Kha, K Irie, M Ito, M Oka (2000) Conservation of PGR in Myanmar at Present and for the Future, *Abstracts of International Conference on Science and Technology for Managing Plant Genetic Diversity in the 21 st Century*, p. 100, 12-16, June 2000, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 宮崎尚時 (1999) 日本における植物遺伝資源活動, 『熱帯の植物遺伝資源』国際農林業協力協会, pp114-156.
- 南沢吉三郎 (1978) : 『栽桑学－基礎と応用－』, 鳴風社出版, pp13-186 (p) .
- 水本文洋・市橋隆壽 (1994) 奄美諸島及び甌列島に自生するシマグワ系野生桑の収集, 『植物遺伝資源探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 10: 49-52.
- Monette P L (1986) Cold storage of kiwifruit shoot tips *in vitro*, *Hort. Sci.* 21: 1203-1205.
- Mooney PR (1979) Seeds of the earth: A Private or Public Resource?, Canadian Council for International Cooperation, Ottawa, Canada. 126pp.
- 森岡一 (2005) 薬用植物特許紛争にみる伝統的知識と公共の利益について, 『特許研究』, 40: 36-47.
- 文部科学省 (2001) 知的基盤整備計画, 2010年の世界最高水準の整備に向けて, 『科学技術・学術審議会答申』(平成13年8月30日), 文部科学省.
- 文部科学省 (2007) 研究用材料の整備の状況, 『知的基盤整備計画について』, 科学技術・学術審議会, 技術・研究基盤部会資料, 文部科学省研究振興局研究環境・産業連携課, pp5-7.
- Murashige T, F Skoog (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant* 15: 473-497.
- 中正三 (1974) 品種の起りと移り変り, 『米の品種－水稲うるち米－』, 全国食糧事業協同組合連合会, pp1-14.
- 中川原捷洋 (2008) 「スパーバル国際種子保管庫」がオープン, 『研究ジャーナル』, Vol.31, No.10, p54.
- Nakagahra M, T Akihama, K Hayashi (1975) Genetic variation and geographic cline of esterase isozyme in native rice varieties. *Japan J. Genet.* 50: 323-328.
- 中谷誠・田中勝・熊谷亨・田宮誠司・中山博貴・片山健二・長峰司・Joko Restuono・Minantyorini・Ida Hanarida・M. Jusuf Yakub (2004) インドネシアにおけるサツマイモ遺伝資源の共同調査 (2001年-2003年), 『植物遺伝資源探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 20: 181-213.
- 中村俊一郎 (1993) Recalcitrant 種子 (1), 『農業および園芸』, 養賢堂, 68: 1160-1164.
- Nakamura T, M Yamamori, H Hirano, S Hidaka (1993) Identification of three waxy (Wx) proteins in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Biochem. Genet.* 31: 75-86.
- 長峰司・奥野貝敏・勝田(石)真澄・三浦清之・中山博貴・江花薫子・福岡修一 (2001) 残存調査による茨城県及び福島県における作物在来品種の農家保存の実態, 『育種学研究』, 3 (別1): 404.
- 長峰司・白田和人 (2001) プータン国における植物遺伝資源の探索収集事前調査, 『植物遺伝資源探索導入調査報告書』, 農業生物資源研究所, 17: 141-144.
- Niino T, H Yakuwa, S Oka, A Ishihara (1990) Survival and shoot formation in vitro in raspberry and blueberry winter buds cryopreserved in liquid nitrogen. pp.78-79. In *Proceedings of the 2nd Plant Tissue Culture Colloquium of Japanese Plant Tissue*

- Culture Association*. Hananomachi, Japan.
- 新野孝男・八鍬春美・野尻邦雄・酒井昭 (1991) クワ冬芽の改良液体窒素保存方法. 日蚕雑 60 : 394-399.
- Niino T, A Koyama, K Shirata, S Ouchi, M Suzuki, A Sakai (1993) Long-term storage of mulberry winter buds by cryopreservation, *J. Seric. Sci. Jpn.* 62 : 431-434.
- Niino T, D Tanaka, S Ichikawa, J Takano, S Ivette, K Shirata, M Uemura. (2003) Cryopreservation of in vitro-grown apical shoot tips of strawberry by vitrification. *Plant Biotechnology* 20 : 75-80.
- Niino T (2006) Developments in Plant Genetic Resources Cryopreservation Technologies, pp. 149 - 157 , *Proceedings of the APEC Workshop on Effective Genebank Management for an Integrated System on Sustainable Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources*, Suwon, Rep. of Korea.
- 新野孝男・平井泰・松本敏一・田中大介編 (2006) 植物超低温保存マニュアル, 農業生物資源研究所, pp1-208.
- 農林水産省 (2002) DNA 品種識別について, 『技術開発と利用のガイドライン』, 農林水産省生産局種苗課, p1-12.
- 農林水産省 (2007) 平成18年度水稲の品種別収穫量, 平成19年2月23日公表, 『農林水産統計』, 農林水産省, p1-12.
- 農業生物資源研究所 (1987) 植物遺伝資源特性評価マニュアル, 農業生物資源研究所, pp1-700.
- 農業生物資源研究所 (1989) 昭和60年・61年度農林水産省ジーンバンク事業植物遺伝資源部門実績報告書, p5-28 (平成元年12月) .
- 農業生物資源研究所 (2002) 平成13年度農業生物資源ジーンバンク事業実績報告書.
- 農業生物資源研究所 (2007) 平成18年度農業生物資源ジーンバンク事業実績報告書.
- 野間豊・小原均 (1986) Paclobutrazol (PP333) のカラタチ茎葉伸長に及ぼす影響, 園学要旨, 昭61秋, 46-47.
- Oka S, H Yakuwa (1991) Survival and shoot formation in vitro of pear winter buds cryopreserved in liquid nitrogen. *Hort. Science* 26 : 65-66.
- 岡田正憲・山川寛・藤井啓史・西山寿・本村弘美・甲斐俊二郎・今井隆典 (1967) 水稲品種“ホウヨク・コクマサリ・シラヌイ”について, 九州農試彙報12 : 187-224.
- 大川雅央 (2002) 「植物遺伝資源に関する国際的申し合わせ」改定交渉の経緯 (国際条約の成立の経緯), 第9回 NIAS 遺伝資源国際ワークショップ「遺伝資源新国際条約以降における植物遺伝資源研究のあり方」p4-10, 農業生物資源研究所.
- Reed B, Humer (2001) Long-term storage of hazelnut embryonic axes in liquid nitrogen, *Acta Horticulture*, 556 : 177-180.
- Roberts EH (1960) The viability of cereal seed in relation to temperature and moisture. *Ann. Bot.*, 24 : 12-31.
- Roberts EH (1961) The viability of rice seed in relation to temperature and moisture content and gaseous environment. *Ann. Bot.*, 25 : 381-390.
- Roberts EH (1975) Problems of long-term storage of seed and pollen for genetic resources conservation. In *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*, ed. O. H. Frankel and J. G. Hawkes, International Biological Programme 2 , pp. 269 - 295 . Cambridge University Press.
- Rocha OJ, J Degreef, D Barrantes, E Castro, G Macaya, L Guarino (2002) Metapopulation Dynamics of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) in the Central Valley of Costa Rica, in (*Engels et al* Edt.) *Managing Plant Genetic Diversity*, IPGRI, p205-215.
- Roos EE (1989) Long term storage, *Plant Breed. Rev.*, 7 : 129-158.
- 酒井昭 (1986) 植物遺伝資源の長期保存の現状とその展望. 遺伝 40 (10) : 16-21.
- 酒井昭 (1991) 植物細胞・組織・遺伝資源の超低温保存に関する研究の現状と動向. 農業および園芸 66 : 1223-1229.
- 酒井昭 (2000) : 植物遺伝資源保存の重要性和最近の液体窒素利用保存法の進歩と問題点, 農業および園芸77 : 860-870.
- 酒井昭 (2006) 植物細胞・組織・遺伝資源の超低温保存. 植物超低温保存マニュアル 農業生物資源研究所 pp. 1-16.
- Sakai S, Y Doi, A Nakayama (1978) Changes in regenerative ability and carbohydrate reserve of tea root during a long-term storage for maintenance of useful germplasm. In *Long-Term preservation of Favourable GermPlasm in Arboreal Crops*, ed. T. Akihama and N. Nakajima, pp. 71 - 79 . Fruit Tree Research Station, M. A. F. Fujimoto, Japan.

- Sakai A, N Nishiyama (1978) Cryopreservation of winter vegetative buds of hardy fruit trees in liquid nitrogen, *Hort. Sci.* 13 : 225-227.
- Sakai A, S Kobayashi, I Oiyama (1990 a) Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. Var. *brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Reports*, 9 : 30-33.
- Sakai A, T Matsumoto, D Hirai, T Niino (1990b) Newly developed encapsulation- dehydration protocol for plant cryopreservation, *Cryoletters*, 21 : 53-62.
- Sakai A, D Hirai, R Charoensub (2003) History and current issues of plant cryopreservation research, *Proceedings of the International Workshop on Cryopreservation of Bio-Genetic Resources*, p3-18. In Suwon Republic of Korea.
- 阪本寧男 (1989) 栽培植物の伝播と分布, 植物遺伝資源集成 p20-24, 講談社.
- 蚕糸試験場 (1982) 桑の品種系統の保存地と名称, 蚕糸試験場資料36 : 1-58.
- 佐藤喜美雄・岡成美 (1989) わい化剤 S327 処理と摘芯処理の組み合わせがクワの地上部および地下部の成長に及ぼす影響, 東北農業研究 42 : 339-340.
- 佐藤義彦・山口正巳・叢花・廬春生・白田和人 (2005) 中国新疆ウイグル自治区のける果樹遺伝資源の共同調査プロジェクトの事前調査, 植物遺伝資源探索導入調査報告書, 通巻21号, 平成16 (2004) 年度, p145-149. 農業生物資源研究所.
- 佐藤義彦・山口正巳・叢花・土師岳・王柏柯・潘儼・王宏飛・間瀬誠子・上田恵理子・津國達朗・山本俊哉・廬春生・白田和人 (2008) 中国・新疆ウイグル自治区に分布する果樹遺伝資源, 1. ナシ, 園芸学会平成20年度春季大会講演要旨.
- Sears ER (1956) The transfer of leaf-rust resistance form *Aegilops umbellilata* to wheat. Brookhaven Symp. Biol., 9 : 1-22.
- 椎名次男・江花薫子・坂口進 (2001) 遺伝資源種子の長期保存における貯蔵条件の比較－イネ, コムギ, オオムギ (皮性および裸性), トウモロコシおよびダイズの13年間における生存率－, 農業生物資源研究所資料, 16 : 1-20.
- Silitonga TS, N Bermawie (2006) Genebank Management for an Integrated System in Sustainable conservation and Utilization of Plant Genetic Resources in Indonesia, *Proceedings of the APEC Workshop on Effective Genebank Management in APEC Member Countries*, p227-237, Suwon, Korea.
- 清水浩子 (1999) タイ国種苗法, 監修 : 井口雅文, S & I International, Bangkok Office Co.,Ltd, (<http://www.s-i-asia.com/plant-variety-law-1999-in-JPN.htm>) .
- 白田和人・高岸秀次郎 (1987a) 成木桑における窒素および関連物質の周年変化, 日蚕雑, 56 (1) : 52-58.
- 白田和人・高岸秀次郎 (1987b) 成木桑における主要無機成分の周年変化, 日蚕雑, 56 (1) : 59-64.
- 白田和人・高岸秀次郎 (1987c) 成木桑における炭水化物の周年変化, 日蚕雑, 56 (2) : 99-105.
- 白田和人・佐藤喜美雄・八鍬春美・岡成美 (1990) 液体窒素および低温保存した冬芽より再生したクワの変異解析－形態的特性について－ 東北蚕糸研究 15 : 74-75.
- 白田和人・佐藤喜美雄・八鍬春美・岡成美 (1992) 液体窒素に保存した冬芽より再生したクワの形態的特性. 日蚕雑 61 : 463-465.
- Shirata K, T Shiina, T Chibana, H Sasaki, M Tsuge, T Nagamine (2000) Analysis of use of germplasm distributed from MAFF Genebank, Japan, Abstracts of International Conference on Science and Technology for Managing Plant Genetic Diversity in the 21st Century, p.90, 12-16, June 2000, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 白田和人・大川雅央・宮崎尚時 (2001) 新しい農業生物資源ジーンバンク体制と今後の活動の展望, 農業技術, 57 (2) : 49-53.
- 菅原康剛 (1987) 細胞・組織の凍結保存における問題点, 凍結保存 (酒井昭編) pp170-177. 朝倉書店, 東京.
- Suzuki M, T Niino, T Akihama, S Oka (1997) Shoot formation and plant regeneration of pear vegetative winter buds cryopreserved at -150°C , *J. Soc. Hort. Sci. Jpn.*, 66 : 29-34.
- 田中正武 (1975) 栽培植物の起源, NHK ブックス pp1-241, NHK.
- 高倉成男 (2002) 資源アクセスと利用を巡る法制度, 生物資源とアクセス : p121-145, (財) バイオインダストリー協会.
- Ten Kate (1997) The common regime on access to genetic resources in the Andean Pact. Biopolicy, Vol. 2, (online Journal URL: <http://www.bdt.org.br/bioline/py>) .
- Ten A, AS Ten (2002) In situ Conservation of Wild

- Species Related to Crop Plants: The Case of Turkey, in (Engels *et al* Edt.) *Managing Plant Genetic Diversity*, IPGRI, p195-204.
- 手塚隆久・松井勝弘・原貴洋 (2007) 自殖性の「ソバ中間母本農1号」の育成, 日本作物学会九州支部会報 73 : 37-40.
- Towill LE, PL Forsline (1997) Cropreservation of sour cherry (*Prunus cereasus* L.) using a dormant vegetative bud method. *Cryo-Lett.*, 20 : 215-222.
- Towill LE, Forsline PL, Walters C, Waddell J, Laufmann J (2002) Cryopreservation of apple germplasm: Results using a winter vegetative bud method., *Cryobiol.* 45 : 268-269.
- Tyler N, C Stushnoff (1988) The effect of prefreezing and controlled dehydration on cryopreservation of dormant vegetative apple buds. *Can. J. Plant Sci.* 68 : 1163-1167.
- 上野貞一・坂本昌夫・大城良計 (1989) インドにおける特用・栄養系作物のフィールド調査, 植探報 5 : 125-131.
- 鵜飼保雄 (2005) プラントハンティングから遺伝資源の収集へ, 植物改良への挑戦－メンデルの法則から遺伝子組換えまで－, pp45-80, 培風館.
- USDA-ARS (2008) National Plant Germplasm System, Agriculture Research Service, USDA. (<http://www.ars-grin.gov/npgs/index.html>) .
- Villiers TA (1975) Genetic maintenance of seeds in imbibed storage. In *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*, ed. O. H. Frankel and J. G. Hawkes, International Biological Programme 2 : 297-315, Cambridge University Press.
- 和田宗利 (1980) 遺伝資源探索・導入の歴史とその意義, 遺伝資源の探索・導入－経過とその成果－, 農林水産省農林水産技術会議事務局監修, pp1-27.
- Yakuwa H, Oka S (1988) Plant regeneration through meristem culture from vegetative buds of mulberry (*Morus bombycis* Koiz.) stored in liquid nitrogen. *Ann. Bot.* 62 : 79-83.
- 山口正己・佐藤義彦・叢花・土師岳・王柏柯・潘儼・王宏飛・間瀬誠子・上田恵理子・津国達郎・山本俊哉・廬春生・白田和人 (2008) 中国・新疆ウイグル自治区に分布する果樹遺伝資源, 核果類, 園芸学会平成20年度春季大会講演要旨.
- Yamamori M, T Nakamura, TR Endo, T Nagamine (1994) Waxy protein deficiency and chromosomal location of coding genes in common wheat. *Theor. Appl. Genet.* 89 : 179-184.
- 山本昭夫 (2001) 生物多様性の保全とその利用から生ずる利益配分に関する一考察, 農業生物資源研究所研究資料, 第16号 : 21-118.
- 知花高志 (2004NIAS創意工夫賞) ジーンバンク種子受入保存作業マニュアル. (http://www.gene.affrc.go.jp/manuals-plant_seed_reception.php) .

Summary

Studies on improving conservation technologies of crop genetic resources and gene bank activities in correspondence with drastically changing relevant international conditions

Kazuto Shirata

(Accepted March. 1, 2009)

Development of new crop cultivars of high yield, high quality and tolerant to various stresses is necessary to ensure global food security. Plant diversity plays a key role for crop improvement by both conventional crop breeding and recently developed biotechnology methodologies.

With advances in modern plant breeding improved cultivars have rapidly replaced landraces resulting in genetic erosion.

Crop landraces have accumulated a number of favorable genes in the process of the natural evolution and farmer/plant breeder selection. As new cultivar replace old cultivars it is unclear what genes are being lost that may be important in the future. The role of the gene bank is to conserve crop landraces and their wild relatives so that these materials will be available when needed for the present as well as future generations.

The author of this paper has long devoted himself to improving crop genetic resources preservation technology, as well as to manage and administer the National Agrobiological Gene Bank (NIAS/GB), Japan. He has also actively participated in international collaboration related to gene bank activities. In this paper, the technological and legal issues related with preservation and use of crop genetic resources are discussed. In addition some issues that still need to be resolved are discussed.

1. Historical reviews on exploration and use of bio-resources

In the 15th and 16th centuries Europeans discovered trade routes around the world. This was accompanied by the competitive acquisition of colonies. Particularly the opening up of the New World resulted in many new crops being introduced to the Old World. Plant hunters searched for exotic crops and new plant resources. As a consequence, crops such as tomato, potato, maize, common bean, chili peppers were introduced to the Old World one after another.

The rediscovery of Mendel's law of inheritance at the start of the 20th century dramatically advanced genetics as modern science and established the scientific basis of crop breeding. Scientific plant breeding based on artificial hybridization needed diverse genetic resources as breeding materials. Thus the era of “plant” hunters changed to that of “gene” hunters looking for crop genetic resources for plant breeding. Crop germplasm collectors introduced crop diversity into countries with major economies at that time such as Russia, the US, European countries and Japan.

Based on his experiences of plant exploration, Prof. N. I. Vavilov proposed the diversity center theory that proposed that regions of crop diversity were likely the place where these cultivated plants originated. He proposed eight centers of crop diversity where he thought crops were domesticated. The Vavilov's theory has become a guiding principle for exploration and conservation of crop genetic resources.

Jack. R. Harlan and J. M. J. de Wet (1971) proposed the gene pool theory for categorizing and utilizing genetic resources for crop improvement. They proposed three categories of gene pool, the primary, the secondary and the tertiary gene pools schematically drawn as three concentric circles.

The primary gene pool in an innermost circle includes the cultivated form and its cross compatible wild relatives. Genes can be exchanged easily among the members of the primary gene pool. Conventional plant breeding has mainly used germplasm from this gene pool.

The secondary gene pool includes species related to those in the primary gene pool that are able to be hybridized with members of the primary gene pool to produce almost normal progeny. However, incorporation of certain useful genes from the secondary gene pool is more difficult than members of the primary gene pool and some particular breeding techniques, like repeated backcrossing, may be required. For instance, various sorts of disease and insect resistance genes have been successfully transferred from wild relatives in the secondary gene pool of crops to the crop. In rice, *Oryza sativa*, which is incompatible with African rice, *O. glaberrima*, crossing these two species resulted in hybrid embryos that are difficult to grow. However, using tissue culture techniques it has been possible to rescue hybrid embryos of this interspecific cross and WARDA (West African Rice Development Association) rice breeders who succeeded in developing the new rice for Africa (NERICA).

The tertiary gene pool includes more distantly related wild relatives to the crop that are much more difficult to cross with the crop. Hybrids produced between the tertiary and primary gene pool have abnormal hybrids that are sometimes lethal or completely sterile and so that gene transfer is very difficult. Biotechnological skills such as embryo culture, grafting or tissue culture are required to obtain viable hybrids.

Nowadays, in principle it has become possible to transfer genes from one organism to another by means of transgenic technology. The present author has proposed a quaternary gene pool that includes all organisms.

In the history of crop improvement, appropriate breeding techniques and excellent genetic resources had been indispensable to accomplish breakthroughs in plant breeding. For examples, the Green Revolution for wheat could not have been accomplished without a Japanese wheat cultivar *Norin 10* that had a useful semi-dwarfing gene derived from the Japanese landrace *Shiro-daruma*. Similarly the Green Revolution for rice could not have been realized without the semi-dwarf Taiwanese landrace *Dee-Geo-Woo-Gen*. Another example is the Chinese wheat landrace *Bai-ho* that made it possible to produce waxy wheat cultivars a trait not found in the world wheat collection.

The recent advances of molecular biology and biotechnology have made it possible to isolate, clone, recombine, and incorporate any alien gene into crop genomes. However, new genes with useful functions cannot themselves be created. Consequently, crop landraces and their wild relatives will continue to be useful because they have accumulated favorable genetic variation in the course of plant evolution over millions of years and in the processes of crop improvement through conscious or unconscious artificial selection since the rise of agriculture about 10,000 years ago.

2. Retrospection and prospects of the Agrobiological Gene Bank (NIAS/GB) activities

Exploration, collection and conservation of crop genetic resources were started to obtain breeding materials when systematic and scientific breeding was initiated in Japan at the beginning of the 20th century. At that time, crop genetic resources were separately conserved at each breeding center but later they were organized into an integrated national seed bank system. This was followed by the development of the gene bank system in which seeds, vegetative organs, cultured tissues, and genes were systematically handled and preserved. Nowadays, the gene bank system has reached a new stage where it is not just a source of germplasm but also abundant information on genetic resources including DNA sequence information.

The present system of the Agrobiological Gene Bank (NIAS/GB) is integrated administratively. The

National Institute of Agrobiological Sciences (NIAS) acts as a center bank and the roles of sub-banks are shared by various research institutes: National Agriculture and Food Research Organization, National Institute for Agro-Environmental Sciences, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, National Center for Seeds and Seedlings and National Livestock Breeding Center.

A leading role is taken by crop curators specialized in different crops who develop strategies for their crops related to exploration, collection, preservation, characterization, rejuvenation, and distribution. In the NIAS/GB, the collection and preservation of crop landraces and improved cultivars have been the main activities in the past but hereafter, diverse genetic resources including experimental materials have to be collected and preserved as an intellectual infrastructure for Japan. A more efficient gene bank system has to be constructed to provide crop genetic resources. Furthermore, international and national plant scientists and breeders are expected to cooperate to strengthen the activities of preservation and sustainable use of genetic resources.

The following are issues to be improved related to the activity and the management of the NIAS /GB system.

- (1) The unilateral acquisition or monopoly of crop genetic resources has to be strictly forbidden and the bilaterally beneficial cooperation between owners and users of genetic resources is essential.
- (2) Crop genetic resources have to be duplicated for security both in the base collection of the ordinary gene bank system, by the use of cryopreservation where appropriate and at secondary sites such as the recently established international Global Seed Vault at Svalbard, Norway, that is within the Arctic Circle.
- (3) Evaluation and use of crop genetic resources will be promoted in conjunction with easy to use databases. Core collections and special research sets of germplasm will continue to be developed to promote use of diverse germplasm in research and breeding.
- (4) To promote international exchange and cooperation bilateral or multilateral cooperation and the observance of international rules are essential.

3. Improvement of techniques for preserving crop genetic resources

Methods to maintain and to conserve crop genetic resources largely depend on their reproductive system and the kinds of organs and tissues to be preserved. For example, sexually propagating species can be preserved as seeds under conditions of low temperature and humidity for a long time. Vegetatively propagating plants are, however, preserved as various vegetative propagules such as adult plants, tuberous roots, tubers, and bulbs. For vegetatively propagated plants different methods of preservation are needed.

In case of the NIAS/GB, seeds of sexually propagating crops are preserved in seed storage rooms of the center bank in Tsukuba under the regulated temperature and humidity. On the other hand, vegetatively propagated crops and microorganisms are conserved in sub-banks (specialized or local institutes) under the conditions most suitable for different propagules.

The procedures for appropriate management of plant genetic resources in the NIAS/GB are described with special reference to urgent problems that need to be solved. The improvements made by the author regarding the conservation technology for seeds and the other propagules are also mentioned.

The feasibility of long-term storage of crop seeds in liquid nitrogen (LN₂) was investigated. Orthodox seeds were successfully preserved in the gaseous phase of an LN₂ tank without any special pretreatments when crop seeds were sufficiently dried to a water content level of 5 to 8%. Particularly, seeds of dicotyledonous plants such as rape (*Brassica* sp.) germinated more uniformly in the short term than the control. Some cryopreservation condition might have promoted seed germination.

To improve the efficiency of apple trees conservation in the field, strong and repeated pruning or

application of a dwarfing agent was used to control plant height. The experimental results revealed that three to five times the number of plants could be accommodated in a unit area of field. In addition the number of scions was enough to enable propagation.

Cryopreservation of rush genetic resources is feasible using the vitrification technique. Using this technique crystallization of intra-cellular water in the meristem of shoot apices is avoided. Regeneration rates of cultured meristems did not vary among accessions and all types of rush genetic resources seem to be successfully cryopreserved in the similar way.

For the medium term storage for the general distribution, ordinary plant seeds can be successfully preserved under low temperature and humidity conditions and vegetative propagules *on farm* together with cultured tissues *in vitro*. Cryopreservation in LN₂ is considered to be especially effective for the long-term storage of genetic resources. The improvement of germination and regeneration rates and the inhibition of mutation in tissue culture are required for more extensive application of this method of preservation to various kinds of cultivated plants.

4 Improving cryopreservation for vegetatively propagated crops

Fruit trees like apple and pear and such deciduous trees as tea and mulberry are included in vegetatively propagated crops preserved in the NIAS/GB. A system of duplicate preservation is employed to avoid the genetic erosion of these genetic resources. Due to natural disasters such as typhoons or fire it is not possible to entirely avoid death of germplasm grown in field. *In vitro* preservation of cultured tissues, organs or mini-plants is considered to be an effective back up security for this type of germplasm.

Here, the practical cryopreservation of mulberry dormant winter buds is explained. The generation of mutation during the cryopreservation of mulberry winter buds was intensively investigated. The possibility of cryopreservation of deciduous fruit trees like persimmon was also investigated.

Concerning mulberry trees, 279 out of 376 accessions (74%) had a survival rate of 50% or more after stored at -135°C for five years. There was no significant change in survival rate after eight years. Furthermore, the change of survival rate for 8 years cryopreservation was shown to result in no significant change in survival rate. Consequently it is considered that the cryopreservation of mulberry winter buds is practical. A total of 1,474 accessions of mulberry genetic resources have been cryopreserved since 2003 as an activity of the NIAS/GB and the procedure was described in a manual.

Mulberry plants regenerated from cryopreserved winter buds were grown in the field to ascertain the occurrence of genetic variation in phenotypic characters. It was found that small differences in phenotypic characters occur in comparison with the control at the beginning of growth but these differences disappeared gradually as the plant growth progressed. No differences were observed in the isozyme and the electrophoretic profiles of leaf blade tissue.

The results indicated that no genetic change appeared after cryopreservation. Phenotypic differences observed in regenerated plants might be caused by the direct physiological influence of low temperature. A similar cryopreservation method was applied to winter buds of persimmon resulting in low regeneration of plantlets. A more stable cryopreservation system may be realized by pre-treatment to give freezing tolerance and by the use of different regeneration media. It is expected that cryopreservation will increasingly be used for conserving genetic resources of such woody plants as mulberry and persimmon.

5. Changes in awareness about plant genetic resources conservation and intellectual property rights

Public awareness of issues related to plant genetic resources intellectual property rights has increased since the Convention on Biological Diversity (CBD) came into effect. Prior to the CBD the FAO Commission of

Plant Genetic Resources developed the International Undertaking on Plant Genetic Resources (IUPGR) . In the IUPGR, biological resources including plant genetic resources were considered common heritage quite different from the other natural resources such as mineral resources and fossil fuel resources. No country possessing biological resources had claimed sovereign rights over the plant genetic resources and any body could access any sort of bio-resources. However, after CBD came into effect bio-resources were considered to belong to the country where they occurred. In addition farmer's right regarding their crop landraces was recognized.

Thus the issue of property rights of the collected crop genetic resources preserved in international organizations like CGIAR centers and in gene banks worldwide was a cause of concern. International negotiations over ten years have occurred in the FAO Commission on Plant Genetic Resources to harmonize the inconsistencies between IUPGR and CBD. The result has led to the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (ITPGR) . In this treaty, agronomically important crops were chosen and put into the 'crop list' . Genetic resources of 35 kind crops, including forage crops, in 29 genera were in the crop list. Signatories of the ITPGR under a multilateral rule could access gene bank accessions on this crop list.

The preservation and the sustainable use of bio-resources are considered to be indispensable to solve issues related to global food security. Close international collaboration and teamwork are needed between countries possessing and those utilizing bio-resources.

Conservation of crop genetic resources is required for their utilization. It would hinder progress in crop improvement if excessive importance is placed on sovereign rights. Genetic resources should be accessible under reasonable conditions while the users should impartially share the benefits obtained from their utilization under a spirit of fair trade. In Japan the Act of Seeds and Seedlings, the Registration Rule of New Crop Cultivars, and the Act of Plant Protection need revision in order to be in harmony with the ITPGR. Furthermore, accurate information on the origin and collection of genetic resources is required to assert the intellectual property rights over benefits resulting from the use of plant genetic resources.

6. General Discussion

Recent advances in molecular biology and biotechnology have expanded the scope of genetic resources to all organisms. The transfer of a bacteria gene (or genes) to soybean and maize have resulted in widely grown transgenic varieties of these crops. Favorable adaptation genes to different environments have accumulated in crop genomes during the course of plant evolution and human selection.

It is not possible to create genes having a new favorable and/or a useful function. Hence crop landraces and closely related wild relatives that have accumulated numerous useful genes are a precious genetic heritage.

Since the scope of genetic resources was expanded to all species in the global ecosystem, the concept of genetic resources has drastically changed from conservation of seeds to conservation of various plant parts, DNA materials, genetic and genome information. Today the concept of gene bank work encompasses a far broader array of materials than previously.

To cope with the recent scientific and technological advances for preserving and using crop genetic resources, the following improvements are needed in the gene bank activities.

- (1) Enhanced duplication for secure conservation of crop genetic resources.
- (2) More efficient service to offer crop genetic resources with abundant useful information on the germplasm such as characterization and evaluation data.
- (3) Integration of information on where locally preserved genetic resources are stored and by whom within local governments and the private sector.
- (4) Extension of gene bank activity to enable conserved germplasm to be used as experimental materials as part of national intellectual infrastructure.

The management of the gene bank will be improved by employing advanced technologies for preserving crop genetic resources. For instance, the more efficient preservation of such crops as fruit, tea and mulberry trees is expected to be realized employing the dwarfing cultivation by repeated pruning or by applying plant growth regulating substances. Cryopreservation will be successfully used for duplicated preservation of the base collections of particular genetic resources.

The rapid changes in awareness related to intellectual property right related to plant genetic resources have to be reflected in gene bank activities. International and multilateral collaboration and teamwork are indispensable for exploration, collection, characterization, preservation and sustainable use of crop genetic resources. The impartial sharing of benefits obtained by utilizing genetic resources and fair trade between countries possessing and using genetic resources is necessary to prevent confrontation over crop genetic resources.

Research Director

National Institute of Agrobiological Sciences

Kannondai 2-1-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8602, Japan